

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/320086948>

# Inovação e sustentabilidade na gestão de resíduos sólidos: perspectivas da aplicação da política nacional de resíduos sólidos....

Book · December 2014

CITATIONS

0

READS

35

10 authors, including:



[Lucia Helena Xavier](#)

Centre for Mineral Technology, Rio de Janeiro, ...

32 PUBLICATIONS 143 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Antonyus Pyetro Ferreira](#)

Centro de Tecnologias Estrategicas do Nordest...

11 PUBLICATIONS 14 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Urban Biomining [View project](#)



Reverse Logistics [View project](#)



# INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

PERSPECTIVAS DA APLICAÇÃO  
DA POLÍTICA NACIONAL DE  
RESÍDUOS SÓLIDOS NA REGIÃO  
METROPOLITANA DO RECIFE

## Inovação e Sustentabilidade na Gestão de Resíduos

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

(Fundação Joaquim Nabuco - Biblioteca)

X 3 i      Xavier, Lúcia Helena

Inovação e sustentabilidade na gestão de resíduos sólidos:  
perspectivas

da aplicação da política nacional de resíduos sólidos na Região  
Metropoli-

tana do Recife/ Lúcia Helena Xavier; Rosineide Vieira da Silva;  
Alexsandro Diniz Soares; João Paulo Cajueiro; Fernando Jucá;  
Maria Cireno, Pyetro Ferreira; Edna Barros; Katharine Trajano;  
Leonardo Petty. Recife:

Fundação Joaquim Nabuco, 2014.

103p.:il.

ISBN 978-85-7019-644-6

ISBN 978-85-7019-644-6



## Equipe

### ***Fundação Joaquim Nabuco - Fundaj***

Lúcia Helena Xavier – Coordenadora  
Alexsandro Diniz – Pesquisador  
Rosineide Vieira – Pesquisador  
Lúcia Melo – Pesquisadora  
Katharine Trajano – Bolsista Pibic CNPq  
Leonardo Petty – Bolsista Pibic CNPq  
Priscila Gomes – Estagiária de Design

### ***MIT – Senseable City Lab***

Carlo Ratti - Coordenador  
David Lee – Pesquisador

### ***Northeastern University, Boston***

Dietmar Offenhuber – Pesquisador

### ***Universidade Federal de Pernambuco - UFPE***

José Fernando Thomé Juca – Pesquisador  
João Paulo Cerquinho Cajueiro – Pesquisador  
Rodrigo Pessoa Medeiros – Pesquisador

### ***Porto Digital***

Francisco Saboya - Colaborador  
Joana Sampaio - Colaboradora

### ***Centro de Tecnologia do Nordeste - Cetene***

André Galembeck - Colaborador  
Edna Natividade Barros - Colaboradora  
Maria Cireno Ribeiro Silveira – Colaboradora  
Antonyus Pyetro do Amaral Pereira – Colaborador

## Sumário

Apresentação	1
1. Introdução	3
2. Referencial teórico	5
3. Objetivos	19
4. Metodologia	20
5. Aspectos legais e normativos	25
6. Gestão de resíduos na Região Metropolitana do Recife (RMR)	36
7. Análise das categorias de resíduos	62
8. Inovação e sustentabilidade	73
9. Considerações finais	84
10. Propostas de intervenção para a logística reversa na RMR	Erro! Indicador não definido.
11. Referências	90
12. Trabalhos publicados	94
Anexo I. Localização dos Centros de Recondicionamento de Computadores (CRC)	95
Contatos	96
Agradecimentos	97

### Referenciar este relatório como:

XAVIER,L.H.,SILVA,R.V,SOARES,A.D.,MEDEIROS,R.P., CAJUEIRO, J.P.C., JUCÁ, J.F., SILVEIRA,M.C., FERREIRA P., BARROS, E., TRAJANO, K., PETTY, L. Inovação e Sustentabilidade na Gestão de Resíduos. Ed. Massangana, 2015.

### Lista de Figuras

Figura 1.	Parque ecoindustrial de Kalundborg.	12
Figura 2.	Uso da energia no ciclo de vida do produto.	14
Figura 3.	Projeto Computadores para Inclusão.	16
Figura 4.	Coleta de resíduos no Canal do Arruda.	43
Figura 5.	Evidência de descarte inadequado em Abreu e Lima (PE).	44
Figura 6.	Capacitação de catadores de recicláveis para a Copa do Mundo FIFA 2014, em Recife (PE).	45
Figura 7.	Carrinho de catador com largura superior ao esperado.	48
Figura 8.	Carrinho de catador com dimensões compatíveis.	49
Figura 9.	Estrutura física da Cooperativa Pró-Recife.	55
Figura 10.	Modelo de rearranjo físico da Cooperativa Pró-Recife.	57
Figura 11.	Liberação de vapor de mercúrio por lâmpadas fluorescentes	67
Figura 12.	Unidades recicladoras de REEE no Brasil.	69
Figura 13.	Esquema da logística reversa de REEE.	71
Figura 14.	Unidade de gerenciamento de REEE da empresa TGestiona	72
Figura 15.	Localização e roteamento dos pontos de coleta por catadores	73
Figura 16.	I Workshop sobre Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos.	74
Figura 17.	II Workshop sobre Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos	74
Figura 18.	Lançamento do protótipo do sistema informatizado para a gestão de resíduos – Campus Party Recife 2014.	75
Figura 19.	Tela demonstrativa do sistema proposto.	76
Figura 20.	Geração de recibo no momento da confirmação no sistema.	77
Figura 21.	IV Workshop sobre Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos.	77

## Inovação e Sustentabilidade na Gestão de Resíduos

---

Figura 22.	V Workshop sobre Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos_____	78
Figura 23.	Esquema geral da logística reversa na RMR._____	79
Figura 24.	Fluxograma do Sistema de Logística Reversa de REEE na Região Metropolitana do Recife._____	80
Figura 25.	Mapa da RMR com destaque para a gestão de REEE._____	81

### Lista de Tabelas

Tabela 1.	Normas técnicas brasileiras sobre gestão de resíduos eletroeletrônicos_____	28
Tabela 2.	Efeitos das substâncias tóxicas presentes nos REEE_____	32
Tabela 3.	Impacto dos computadores (desktops + notebooks) e celulares sobre a demanda de metais, baseado na venda global (2010)___	33
Tabela 4.	Matriz de avaliação de impactos para gestão de REEE_____	34
Tabela 5.	Pontos de recebimento de pneus em Pernambuco._____	62
Tabela 6.	Renda per capita e geração de REEE._____	66



Os resíduos sólidos configuram uma questão de ordem social, ambiental, cultural e econômica.

Foto: Lúcia Xavier.

## Apresentação

O gerenciamento de resíduos sólidos, conceitualmente, abrange três dimensões principais segundo o critério de sustentabilidade: a ambiental, a social e a econômica. Equacionar os desafios e gerenciar os conflitos resultantes da gestão dos resíduos requer embasamento nas exigências legais, conhecimento técnico e ainda disponibilidade de recursos. Entende-se por recursos os aspectos econômicos, a infraestrutura, pessoal qualificado, entre outros.

Considerando-se as diferentes opções para a gestão de resíduos, pode-se aumentar significativamente a complexidade do sistema e exigindo-se maior disponibilidade de recursos. Desta forma, a aplicação dos métodos e das ferramentas compatíveis às necessidades de uma efetiva gestão ambiental tende a reduzir os esforços, tornando o processo mais eficiente.

De forma específica, os requisitos aplicáveis na gestão dos resíduos sólidos são resultado, em primeira instância, da adoção da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010a). Essa lei apresentou, de forma inovadora, desafios significativos para os setores representados na cadeia reversa. Tanto os *planos de gestão de resíduos* quanto a *logística reversa*, são estratégias exigidas pela PNRS (LEMOS, 2011).

Entende-se o processo reverso como o conjunto de atividades relacionadas ao retorno de produtos e materiais pós-consumo, com a finalidade de destinação final ambientalmente adequada. O principal mecanismo para a adequação e implementação dos Sistemas de Logística Reversa, em conformidade com a lei, são os acordos



setoriais, regulamentações e os termos de ajustamento de conduta. No entanto, no caso da gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), os métodos e ferramentas encontram-se pouco definidos ou pouco disseminados e geralmente se baseiam em acordos e ações informais. Em síntese, o processo apresenta alta complexidade em virtude da necessidade de articulação e estruturação de interesses comuns a partir de diferentes atores.

A recente percepção dos resíduos como fonte de matéria prima secundária para diferentes processos produtivos tem despertado o interesse dos agentes que participam direta ou indiretamente da gestão de resíduos. No entanto, é patente a falta de conhecimento técnico, infraestrutura adequada e ainda participação dos gestores públicos e privados de forma colaborativa.

Apresentamos nesse livro a análise e discussão do papel dos agentes tomadores de decisão, identificando suas necessidades e perspectivas no contexto da logística reversa, com o propósito de construir soluções colaborativas e oportunidades para inovação e sustentabilidade na gestão de resíduos de REEE na Região Metropolitana do Recife.

**“Logística reversa:**  
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” (Política Nacional de Resíduos Sólidos)

## 1. Introdução

---

Em razão da aprovação e regulamentação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em 2010, podemos considerar que o Brasil encontra-se em uma fase de transição no tocante ao gerenciamento de resíduos sólidos.

Em uma breve síntese, percebe-se que após o período de intenso crescimento econômico, nas décadas de 1970 e 1980, e a crise que se seguiu na década de 1990, o país priorizou ações que, em um primeiro momento, priorizavam a consolidação da infraestrutura com a realização de grandes obras estruturais e ações na área de saúde e educação. No momento seguinte, com as intensas mudanças na forma de governo e a crise econômica que prevaleceu até o início dos anos 2000, foram priorizadas ações de manutenção do equilíbrio econômico sem maiores avanços na saúde e educação. Assim, apesar do Brasil ter sido palco de importantes eventos internacionais que discutiram questões ambientais estratégicas, como a Eco-92, a temática ambiental foi postergada.

A partir do princípio de uma estabilidade econômica e reinício dos investimentos no país, a partir do final da década de 1990, percebe-se o incremento das ações de iniciativas públicas e privadas no gerenciamento ambiental. A partir desse momento começaram a proliferar ações de capacitação, suporte e regulamentação de ações socioambientais em todo o país.

O Projeto de Lei nº 203 de 1991, que deu origem à Política Nacional de Resíduos Sólidos, teve origem exatamente nesse período. No entanto, após intensas discussões, a Lei nº 12.205 foi aprovada apenas em 2010 e regulamentada pelo Decreto nº 7.404 (BRASIL, 2010b).

A gestão de resíduos sólidos tem sido beneficiada no Brasil por meio da consolidação de regulamentações específicas nas esferas federal e estadual. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que especifica seis categorias de resíduos especiais e regulamenta a respeito da implementação de sistemas de logística reversa, trouxe expressiva responsabilidade para toda a cadeia produtiva.

Os consumidores, produtores e recicladores se encontram igualmente responsáveis pela gestão dos resíduos de forma eficiente e sustentável. No entanto, nos encontramos no momento de estabelecer mecanismos para a efetividade dos Planos Municipais de Gestão de Resíduos Sólidos que, por sua vez, demandarão opções tecnológicas, sociais e ambientais de baixo custo. A acessibilidade das soluções à população de baixa renda deve ser um dos principais critérios contemplados na busca de soluções para a implementação de políticas públicas.

Apesar da consistência da regulamentação em nível federal, a realidade em maior parte dos estados brasileiros ainda necessita de aprimoramento no que tange o gerenciamento de resíduos sólidos. Ainda são poucas as áreas com o estabelecimento de aterros sanitários, responsáveis pelo recebimento de rejeitos (resíduos incapazes de reaproveitamento). As ações de reciclagem, reaproveitamento e reuso ainda não se encontram disseminadas de forma satisfatória para atender os milhões de toneladas de resíduos geradas anualmente.

Desta forma, apresentamos a análise dos mecanismos regulatórios e o seu impacto na gestão socioambiental dos resíduos eletroeletrônicos na Região Metropolitana do Recife (RMR). Partindo de uma fundamentação técnica, por meio de conhecimentos específicos da composição desses resíduos e seu potencial de aproveitamento nos segmentos de robótica, inclusão digital e reciclagem.

## 2. Referencial teórico



"A necessidade de inclusão dos critérios de sustentabilidade na gestão da produção tende a se tornar cada vez mais intensa na relação entre Gestão Ambiental e Logística"

A questão ambiental é um problema de complexidade significativa à sociedade e ao setor produtivo, que, por sua vez, é responsável não só pela gestão das suas atividades, mas também pela tomada de decisões e ações que impactam diretamente o projeto, fabricação de seus produtos, bem como a eliminação de resíduos no pós-consumo e reintegração de materiais e produtos em cadeias de abastecimento que suportam reciclados ou recicláveis (GONZALES-TORRE et al, 2004). No entanto, nos últimos anos, este fato tornou-se uma preocupação prioritária de caráter social que afeta tanto as decisões políticas como a população. Todos estes agentes tem buscado, de alguma forma, tornar produtos, processos e serviços progressivamente "verdes". As empresas buscam aumentar a competitividade e o valor ambiental de seus produtos em nível operacional e estratégico, a fim de melhorar o desempenho ambiental organizacional (BORCHARDT et al, 2008).

De acordo com Xavier et al (2004a), a necessidade de inclusão dos critérios de sustentabilidade na gestão da produção tende a se tornar cada vez mais intensa na relação entre Gestão Ambiental e Logística. Tal fenômeno é verificado por meio do desenvolvimento de mecanismos legais e regulamentares que consideram as especificidades do ambiente produtivo e as estratégias de negócios, conforme as dimensões da sustentabilidade.

No entanto, a integração entre a logística e gestão ambiental, o que levou à definição da logística ambiental, é considerada por alguns autores como um paradoxo, quando algumas questões relacionadas à viabilidade do processo se tornam evidentes. Nesse sentido, um estudo recente

proposto por Barba-Gutiérrez et al (2008), apresenta uma análise de possíveis impactos negativos da execução de leis relativas à recolha obrigatória de resíduo eletroeletrônico. Os autores destacam potenciais impactos ambientais de ineficiência logística que, por sua vez, geram um aumento significativo das emissões atmosféricas a partir do consumo de combustíveis fósseis durante o transporte dos resíduos.

Além das questões de natureza técnica e gerencial, outro aspecto que merece atenção é o impacto das ações socioambientais a partir da gestão de resíduos, mais especificamente a partir da implementação da logística reversa.

A gestão de resíduos promoveu, a partir de uma mobilização maciça de catadores, uma cadeia de fornecimento muito lucrativo da indústria de reciclagem (LEAL et al, 2009). O aumento exponencial na coleta e processamento de materiais nos países emergentes, através informalidade, é um indicador que aponta para características únicas em relação à gestão de resíduos nesses países (MEDINA, 2000).

### **2.1. A gestão de resíduos emerge no cenário mundial**

Os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) devem ser vistos como um dos mais graves problemas de saúde pública e ambiental da vida contemporânea, e as consequências de manuseio e descarte inadequado refletem direta e indiretamente sobre a saúde da população e na sobrevivência dos ecossistemas. Estes custos ambientais e sociais para a sociedade devido à produção, manipulação e disposição inadequada de resíduos são substanciais e crescentes.

Embora o tema dos resíduos sólidos urbanos represente um grande desafio para a sustentabilidade, os fenômenos e os impactos relacionados com a prevenção, geração, coleta, eliminação e reciclagem de RSU foram

tratados setor por setor, de forma descoordenada, o que também se reflete na fragmentação das políticas públicas. Muitos aspectos estão relacionados com esta questão: legal, tecnológico, econômico, social e comportamental.

A necessidade de uma visão sistêmica da gestão de resíduos, no sentido de políticas públicas que enfatizam a coordenação intersetorial, é, portanto, evidente. Mudanças de hábitos e atitudes dos cidadãos para reduzir e prevenir a geração de RSU deve ser incentivada, tal como a sua colaboração em apropriadamente segregar os RSU por seus muitos destinos potenciais.

No passado, o custo econômico de uma gestão de resíduos sólidos urbanos foi o principal fator de controle nos processos de tomada de decisão. Recentemente, no entanto, as considerações ambientais têm desempenhado um papel mais significativo. Há uma necessidade imperativa da gestão integrada de resíduos com base na separação na fonte e as opções de tratamento, de acordo com as características físicas e químicas. A incorporação de aspectos sociais no processo de decisão, embora não seja um novo conceito em si, tem sido limitada a regulamentos e campanhas informativas.

De acordo com um estudo de Sembiring e Nitivattananon (2010), entre os países pertencentes ao G-20, os que se destacam por apresentar ações de sucesso com as ações de catadores são Brasil, México, Filipinas, Índia e Indonésia.

Novas preocupações sobre a conservação dos recursos levaram a apelos para uma redução geral da quantidade de resíduos gerados (prevenção, reciclagem, compostagem) e maneiras de melhorar a tecnologia para o tratamento e recuperação de materiais e energia a partir de fluxos de resíduos. Verifica-se a importância da gestão integrada de resíduos a partir

da separação na fonte e as opções de tratamento de acordo com as características físicas e químicas do resíduos sólidos.

Cada vez mais é reconhecido que os problemas de RSU não são apenas o resultado das atividades industriais e comerciais em algumas instalações de poluentes e locais, mas também decorrem os milhões de escolhas que os chefes de família fazem em suas vidas cotidianas.

Um dos principais desafios para as políticas de RSU, portanto, é para tratar e resolver este dilema de forma a manter e reforçar a eficácia das políticas e legitimidade. Há uma necessidade urgente de políticas de RSU a afastar-se mera orientação e informação aos munícipes no sentido de mais incentivos definidos para o desenvolvimento de cidadãos politicamente competentes.

## **2.2. A gestão de resíduos no cenário nacional**

O Brasil, por sua vez, implementou importantes ações políticas por meio da elaboração de políticas públicas e com a melhoria da gestão dos resíduos sólidos. Para ilustrar, a Lei n<sup>o</sup> 11.445 de 2007, e especialmente a Lei n<sup>o</sup> 12.305 de 2010 (que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS), configuram como ações concretas com implicações na realização das atividades de associações e cooperativas de catadores, bem como na definição de corresponsabilidade pelo segmento corporativo, definindo aspectos práticos da logística reversa no país.

O Brasil está passando por uma fase de forte desenvolvimento econômico, com a aceleração da industrialização, urbanização e crescimento populacional, resultando em mudanças no estilo de vida, produção e consumo da população. Como consequência direta desses processos, tem havido um aumento na quantidade e diversidade na produção de RSU, especialmente nos grandes centros urbanos. Além

disso, devido às novas tecnologias incorporadas na vida cotidiana, o lixo produzido hoje é composto por uma diversidade de elementos sintéticos perigosos para a saúde humana e os ecossistemas.

No entanto, grande parte desses RSU não tem um destino final adequado. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), o Brasil gera cerca de 60 milhões de toneladas de resíduos domésticos por ano: 49% dos resíduos coletados são depositados em áreas sem qualquer tratamento, 22 % é destinado à rejeição de aterros sanitários, 23% para aterros sanitários, e 5% recebe tratamento em plantas (compostagem e incineração). Isso significa que mais da metade (61%) dos resíduos sólidos recolhidos não se beneficia de prestação sanitária e ambientalmente aceitável, o que torna este um dos maiores problemas ambientais no país.

Há ainda outro desafio importante na gestão de resíduos sólidos: a inclusão social dos catadores de lixo (KEMP e CRIVELLARI, 2008). De acordo com o PNRS, os municípios devem fechar e recuperar áreas de lixão e melhorar a sua recolha seletiva, através de medidas para a inclusão social e emancipação econômica de catadores de lixo. Embora a reciclagem seja um negócio economicamente rentável, o processo de comercialização tem se mantido à margem da legalidade, onde o trabalho dos catadores é o elo inicial do ciclo econômico. A reprodução desse ciclo ocorre em condições de marginalidade, com a quase total ausência de direitos dos trabalhadores e por meio da compra informal de mercadorias por intermediários e fábricas.

Tal cenário tem instrumentado os tomadores de decisão e, conseqüentemente, promovido outros segmentos da sociedade e, em última instância, contribuído para o desenvolvimento social e econômico de população sob a égide da proposta da Tecnologia Social (SCHUMACHER, 1979).



Entende-se por ciclo de vida de um produto, as etapas desde a aquisição dos recursos (insumos, energia, materiais) para a elaboração de um produto, seu processo de produção, consumo e pós-consumo.

A tecnologia apropriada (ou social) deve: (i) ser multidisciplinar e operar em um ambiente colaborativo, tornando-se possível realizar testes para o design de artefatos mecânicos; (ii) fornecer ferramentas básicas para o desenvolvimento de tecnologia, e (iii) permitir o acesso ao conteúdo multidisciplinar e perícia. Neste caso, as soluções baseadas em tecnologias apropriadas foram desenvolvidos em comunidades de baixa renda que fazem uso de resíduos ou por meio da produção de artefatos ou sistemas simples na resolução de um dos problemas específicos da comunidade.

Originalmente percebia-se o ciclo de vida como um processo linear com etapas interdependentes. No entanto, recentemente a percepção de um processo cíclico tem sido mais difundida e aceita. A proposta da gestão de cadeias cíclicas de produtos e materiais baseia-se em parte, em conceitos vindos da Ecologia clássica, na qual os sistemas naturais possuem etapas interdependentes e que se interpõem de modo a atuarem de forma cíclica, reinserindo os produtos, resíduos e coprodutos na própria cadeia ou em outras cadeias produtivas.

Uma analogia desse conceito, baseada no princípio das relações ecológicas (simbiose, predação, comensalismo, parasitismo, etc) é o conceito da Ecologia Industrial. De acordo com Erkman (1997), esse conceito aborda a disposição de processos produtivos em um mesmo espaço e interagindo de forma simbiótica, ou seja, colaborativa, de forma que recursos e resíduos possam ser intercambiados de forma a otimizar os processos dentro de um parque ecoindustrial.

O conceito de Ecologia Industrial, apesar de não ser recente, se constitui

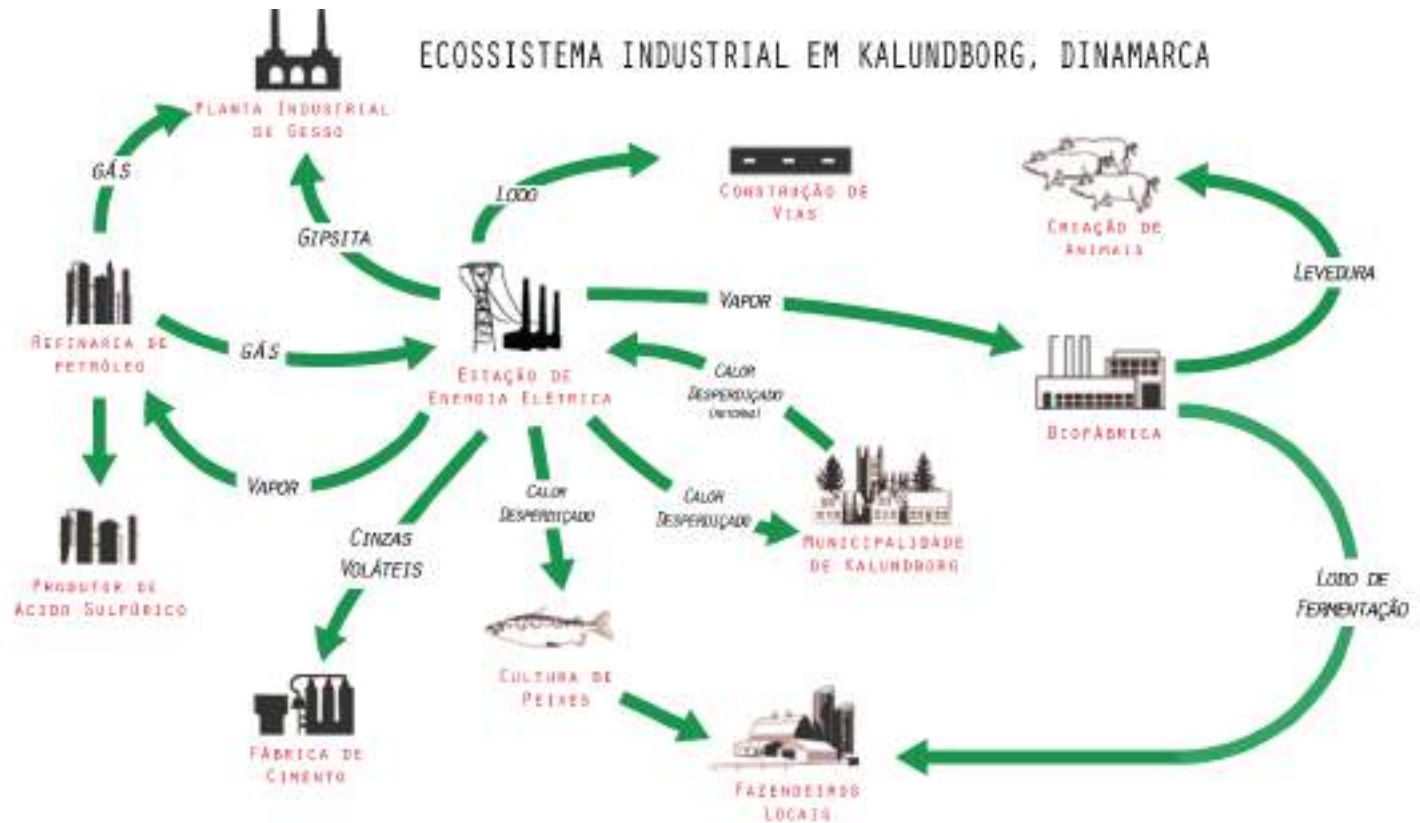
como uma das principais referências para a implantação do Sistema de Logística Reversa, conforme orientações da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Mediante o entendimento de que os resíduos de um processo servem como matéria prima para este ou outro processo é possível a gestão integrada dos resíduos sólidos em um ambiente urbano.

O ambiente urbano apesar de ser um dos principais polos geradores de resíduos também é onde se concentram a infraestrutura e os agentes que podem equacionar o problemas resultantes da geração. Como exemplos: estradas pavimentadas, significativa frota circulante para coleta de resíduos, pontos de entrega voluntária e indústrias de reciclagem.

A título de exemplo, a Figura 1 apresenta uma esquematização do primeiro parque ecoindustrial proposto em Kalundborg na Dinamarca em 1975. Na ilustração é possível verificar o fluxo de matéria e energia entre unidades produtivas de uma mesma região. A base da proposta consiste no reaproveitamento de resíduos e excedentes energéticos como mecanismo de otimização dos processos já constituídos.

Na proposta da Figura 1, a título de exemplo, é possível evidenciar os principais agentes que atuam no sistema integrado e a forma de articulação e a colaboração simbiótica entre esses.

Figura 1. Parque ecoindustrial de Kalundborg (Dinamarca).



Fonte: Adaptado de Newcity ([http://newcity.ca/Pages/industrial\\_ecology.html](http://newcity.ca/Pages/industrial_ecology.html))

Atualmente, existem diferentes procedimentos sobre a análise do ciclo de vida que podem ser considerados como um processo linear ou cíclico, conforme a avaliação pretendida. Em uma adaptação da proposta de Xavier e Corrêa (2013) para a gestão de REEE, pode-se perceber que na abordagem linear são consideradas as seguintes possibilidades:

- *do berço ao túmulo*: gestão dos REEE considerando-se desde a aquisição dos recursos (matéria, energia, mão-de-obra) até a disposição final dos rejeitos, no qual a responsabilidade seria distribuída entre os diferentes atores ao longo da cadeia;
- *da produção ao pós-venda*: gestão dos REEE considerando-se desde o processo produtivo até o pós-venda. Cenário característico onde a responsabilidade do produtor termina com a venda do produto;
- *do pós-venda ao túmulo*: gestão dos REEE considerando-se as etapas subsequentes à venda do produto e concluindo com a disposição final. Nesse cenário a responsabilidade seria do consumidor e do reciclador;
- *do berço à produção*: gestão dos REEE considerando-se desde a aquisição dos recursos até o processo produtivo. Cenário no qual a responsabilidade seria exclusivamente do produtor;
- *do berço ao pós-venda*: gestão dos REEE considerando-se desde a aquisição dos recursos até a venda do produto, com a responsabilidade podendo ser dividida entre produtor e vendedor.

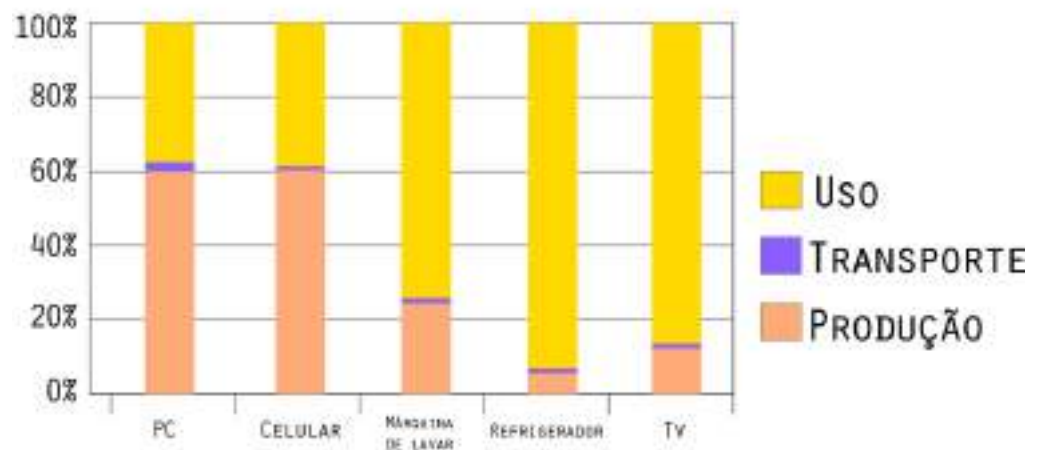
Cabe ressaltar que para as etapas pós-venda, a responsabilidade poderia permanecer com o produtor, mas também podendo ser repassada ao vendedor que finaliza a negociação do produto.

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Equipamentos Eletroeletrônicos (ABINEE), essa indústria equivale a 3,3% do PIB

Brasileiro e é responsável por empregar mais de 180 mil pessoas. Tais números evidenciam a relevância desse setor no país e ainda justificam as ações para a gestão dos resíduos advindos dessa cadeia produtiva.

Conforme proposto por Quariguasi Frota Neto et al (2009), computadores e celulares representam categorias de EEE que chegam a consumir na etapa de produção 60% do total do consumo energético ao longo da sua vida útil. Por outro lado, equipamentos como máquina de lavar, refrigerador e televisores, apresentam maior consumo energético ao longo de sua fase de uso. Tal característica está fortemente relacionada ao tempo de vida útil de cada equipamento. Os refrigeradores, por exemplo, por serem equipamentos de vida útil longa, se beneficiam de campanhas para a economia de energia ao longo de sua fase de uso.

Figura 2. Uso da energia no ciclo de vida do produto.



Os critérios considerados no processo de desenvolvimento de um produto são essenciais para que sejam colocados no mercado produtos mais sustentáveis em termos energéticos e também na

gestão de materiais. Equipamentos de vida útil curta, por exemplo, devem priorizar a redução ou eliminação de substâncias tóxicas em sua composição.

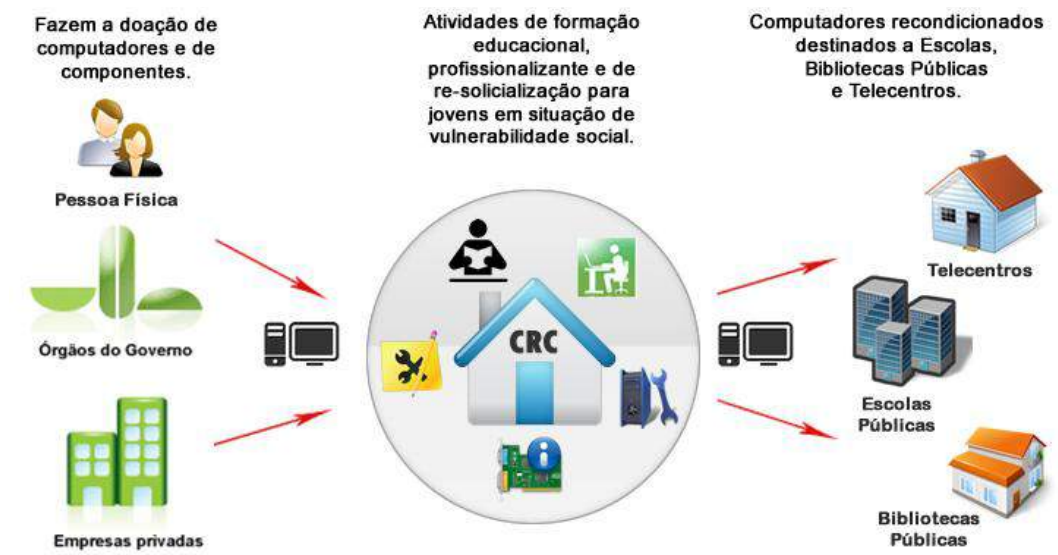
### **2.3. Algumas práticas da gestão de resíduos no Brasil**

No Brasil, as ações de cunho político e institucional contribuíram para a prática do desenvolvimento sustentável em diferentes setores. Em relação ao tratamento dos resíduos eletroeletrônicos verifica-se o foco das ações na gestão da responsabilidade pós-consumo. Pouca ênfase tem sido atribuída na gestão do desenho do produto e dos processos, buscando compatibilizar com os critérios de sustentabilidade ou ainda a participação social no processo. A PNRS prioriza as ações compartilhadas entre os diferentes agentes da logística reversa.

Sob outro ângulo, a fim de incentivar a inclusão digital, o Governo Federal tem apoiado a criação de Centros de Recondicionamento de Computadores (CRC) em diferentes estados do país. Nestes últimos são realizadas tanto a recuperação de computadores e componentes após o consumo, mas também a formação de jovens para a prática profissional. Estes centros, em razão de seu viés social, ambiental e tecnológico contribuem significativamente para a implantação da PNRS. Instituída em 2004 pelo Ministério de Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS), esse programa tem por finalidade prover equipamentos de informática usados e em funcionamento a partir da recepção de equipamentos pós-consumo, triagem, recondicionamento, armazenagem, entrega e descarte adequado dos componentes não utilizáveis.

Esses centros possibilitam a formação de jovens em situação de vulnerabilidade socioambiental por meio do reúso de equipamentos de informática e são amparados pelo Decreto nº 99.658 de 1990. Conforme apresentado na Figura 3, o processo dos CRCs em todo Brasil é único e inclui a recepção de equipamentos de informática a partir da doação por pessoas físicas ou jurídicas, passa pela etapa de triagem e recondicionamento e chega ao processo de reúso por meio de programa de inclusão digital.

Figura 3. Projeto Computadores para Inclusão.



Fonte: [www.mc.gov.br/centros-de-recondicionamento-de-computadores-crcs/documentos](http://www.mc.gov.br/centros-de-recondicionamento-de-computadores-crcs/documentos).

A percepção da sociedade a respeito da presença do catador varia, às vezes, inspirando sentimentos humanitários, outras repulsa e indignação. O preconceito social existente nesta relação com catadores de lixo, que simplifica os conflitos que surgem a partir de

sua localização nos espaços centrais das grandes cidades e não considera a conexão dialética entre a construção espacial e forças sociais (SANTOS, 2000; 2003). Acima de tudo, ele não leva em conta a dignidade do trabalho que o catador leva a cabo. Como uma atividade econômica com forte viés ambiental, a reciclagem tornou-se uma alternativa concreta para a promoção da inclusão social na criação de oportunidades de trabalho para os setores da população que são socialmente vulneráveis, em particular para os catadores de materiais recicláveis que atuam na informalidade em grande número, quer como agentes autônomos e dispersos ou organizados em associações e cooperativas.

Visto desta perspectiva, a inclusão social dos catadores parece perverso. Por um lado, isso depende das vantagens econômicas relacionadas com o custo de cobrança, com remuneração mínima. Por outro lado, ela é ameaçada pelos ganhos de escala que faria novas tecnologias de coleta rentável e dispensaria esta força de trabalho. Então, o que resta para os catadores é a organização, em uma luta pela inclusão social mais consistente e duradoura (GONÇALVES-DIAS, 2009b; BURSTYN, 2000).

Não há muitos estudos ou dados precisos sobre o número de catadores. Algumas estimativas indicam mais de um milhão de trabalhadores em várias cidades brasileiras. O catador detém uma posição fundamental na reciclagem, na qual sua existência reflete a dificuldade que os intermediários têm na integração com os mesmos. Isto é, devido a problemas de escala de produção, juntamente com dificuldades logísticas a interação entre catadores e atravessadores pode resultar em conflitos passíveis de mediação pelo poder público em atendimento às demandas ambientais e exigências legais.



De acordo com a PNRS, os estados terão de estabelecer metas para a eliminação e recuperação de lixo associados com a inclusão social dos catadores e emancipação econômica. Esta política fornece diretrizes para o planejamento e gestão de resíduos em todo o país e propõe destinos para os fundos federais e estaduais, principalmente para que os municípios possam realizar um trabalho para a integração e capacitação de catadores de material reciclável, incentivando a criação e desenvolvimento de cooperativas ou outras formas de associação.

Finalmente, a reconciliação do conhecimento e da prática, segundo critérios de inovação e de sustentabilidade, visa permitir contribuições significativas no ambiente social, econômico e político.

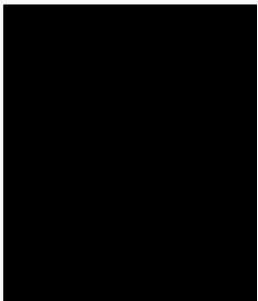


Desta forma, nossa abordagem consiste no objetivo principal de propiciar informações para a implementação dos mecanismos regulatórios a respeito da gestão de resíduos sólidos, com ênfase na gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos na Região Metropolitana do Recife (RMR).

Como objetivos específicos propusemos:

- Identificar os principais impactos da destinação inadequada de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE);
- Classificar os impactos conforme grau de importância e magnitude;
- Identificação e discussão de opções tecnológicas, ambientais e sociais;
- Sugerir ações para a implementação dos mecanismos regulatórios relacionados à gestão de REEE.

## 3. Metodologia



A partir da definição dos objetivos da pesquisa optou-se pela abordagem em profundidade dos estudos já desenvolvidos sobre o tema e, a partir da delimitação da área de estudo, proposição de mecanismos para a viabilização da implementação das ações previstas na Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Dessa forma, a metodologia da pesquisa consistiu de quatro etapas diferentes, a saber: (i) levantamento bibliográfico; (ii) coleta de dados secundários; (iii) delimitação do escopo e (iv) pesquisa de campo.

Apesar das etapas acontecerem de modo sequencial, houve a necessidade de retomada da bibliografia em alguns momentos em razão da constante atualização da temática. A seguir são detalhados os procedimentos metodológicos da pesquisa.

### 3.1. Levantamento bibliográfico

A partir da definição das palavras-chave do tema de pesquisa foram acessadas as principais bases de periódicos<sup>1</sup> nacionais e internacionais, bem como monografias, teses, dissertações e relatórios de pesquisa sobre o tema.

Como palavras-chave foram utilizadas as seguintes entradas: gestão de resíduos, logística reversa, gestão de resíduos eletroeletrônicos,

<sup>1</sup> Scielo: [www.scielo.org](http://www.scielo.org)

Science Direct: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

Periódico Capes: [www.periodicos.capes.gov.br](http://www.periodicos.capes.gov.br)

Google Scholar: [www.scholar.google.com](http://www.scholar.google.com)

Ebsco: [www.ebscohost.com](http://www.ebscohost.com)

cooperativas de catadores, associações de catadores, política nacional de resíduos sólidos e Região Metropolitana do Recife.

O termo mais recorrente nas bases de periódicos era gestão de resíduos, enquanto Região Metropolitana do Recife era o que aparecia com menor frequência. De acordo com a base *Science Direct*, que compreende uma ampla base de periódicos internacionais, nos últimos 10 anos foram produzidos 4.835 artigos sobre estudos realizados em Recife, dos quais 2.357 (48,7%) consideram estudos na área de saúde e 596 (12,3%) abordam a questão de gestão de resíduos.

Poucos estudos consideram a gestão de resíduos na RMR; desta forma, foram utilizados como referencial de estudo outros trabalhos que abordam a gestão de resíduos no Brasil e na região Nordeste.

Cabe ressaltar ainda que os instrumentos legais e normativos consistiram em importante base da pesquisa. As leis, decretos, normas serviram como instrumentos balizadores para as proposições apresentadas.

### **3.2. Coleta de dados secundários**

A partir do referencial da pesquisa foram selecionadas as bases de informações que apresentavam dados atualizados (dos últimos 5 anos) sobre a gestão de resíduos sólidos no Brasil, na região Nordeste, em Pernambuco e na RMR.

Como material de pesquisa foram buscadas e selecionadas informações sobre a geração de resíduos, os tipos de resíduos prioritários, as categorias de resíduo priorizada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, bem como os agentes envolvidos no gerenciamento de resíduos sólidos e nos sistemas de logística reversa.

Verificou-se que apesar de poucas informações disponíveis na região e no estado, há uma base consolidada de informações no âmbito nacional. O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) contempla dados sobre o gerenciamento de água e esgoto (desde 1995) e gestão de resíduos (desde 2002). O relatório mais atual, o SNIS 2012 sobre a gestão de resíduos sólidos contou com a participação de 3.043 municípios, ou seja cerca de 55% dos 5.570 municípios do país. Outras informações como esta foram utilizadas.

De posse desses dados coletados foi possível a delimitação do escopo do trabalho, conforme relatado a seguir.

### **3.3. Delimitação do escopo**

De acordo com o SNIS (2012), o déficit do atendimento da coleta de resíduos na região urbana na região Nordeste é o maior do país, atingindo 33,2%, enquanto a região Sudeste tem um déficit de 30,2%, a região Norte 17,4%, a região Centro-Oeste 7,6% e a região Sul 11,3%.

A região Nordeste, por sua vez, ainda é uma das regiões cujos municípios apresentam menores Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) do país. Aspecto que denota ações voltadas para o fortalecimento das política públicas e ações com recursos de origem privada no sentido de promover o desenvolvimento social (educação, saúde e cultura), ambiental e econômico local.

Em razão das orientações da Política Nacional de Resíduos Sólidos a respeito da prioridade da gestão de resíduos perigosos, o estudo teve como análise prioritária a gestão das 6 categorias prioritárias propostas pela lei. No entanto, o foco do estudo foi a gestão dos resíduos eletroeletrônicos uma vez que três das seis categorias priorizadas são,

segundo orientações das Diretivas Europeias, resíduos eletroeletrônicos.

Diante das razões apresentadas, justifica-se a delimitação do estudo da gestão de resíduos na região Nordeste, com ênfase na gestão dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

### **3.4. Pesquisa de campo**

Como procedimento metodológico foi utilizado ainda o método da Pesquisa-Ação (THIOLLENT, 2005), por meio da qual, os cenários relacionados à gestão de resíduos na Região Metropolitana do Recife foram analisados, vivenciados e, como pressupõe o método, realizadas intervenções no sentido de contribuir, por meio da sugestão de soluções ambientais, sociais e tecnológicas.

Adicionalmente, a proposta do conceito de Tecnologia Apropriada surge como iniciativa que busca contribuir enquanto metodologia colaborativa. Schumacher (1979) é o principal autor que apresenta a proposta da Tecnologia Apropriada, conhecida também como Tecnologia Social, no sentido de prover incrementos tecnológicos de alto impacto e baixo custo para o atendimento de populações de baixa renda.

Foram realizados cinco Workshops sobre Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos, segundo o calendário abaixo:

- I Workshop sobre Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos – junho de 2013 em Recife (PE, Brasil);
- II Workshop sobre Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos – agosto de 2013 em Boston (MA-US);
- III Workshop sobre Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos – junho de 2014 em Recife (PE, Brasil);

- IV Workshop sobre Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos – setembro de 2014 em Boston (MA-US);
- V Workshop sobre Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos – novembro de 2014 em Recife (PE, Brasil).

Todos os workshops desenvolvidos no Brasil foram precedidos de visitas técnicas às cooperativas de catadores da RMR com o objetivo de identificação das práticas operacionais e estudo dos procedimentos de gestão e operacionais.

Os workshops foram abertos ao público, a exceção do último que consistiu na organização e discussão do relatório final. As discussões provocadas nos workshops contaram com a participação de especialistas convidados, a saber: gestores públicos (prefeituras e estado de Pernambuco), gestores de empresas privadas (participantes da logística reversa no estado), pesquisadores e professores (UPE, IFPB, UFPE, Fundaj, entre outros), Federação das Indústrias de Pernambuco.

Os pontos discutidos foram reintroduzidos na pesquisa sob a forma de reorientação dos objetivos ou ainda como pontos de melhoria para o desenvolvimento da metodologia inicialmente proposta.

Desta forma, a pesquisa de campo buscou, por meio da observação da prática dos agentes envolvidos na gestão dos resíduos sólidos na Região Metropolitana do Recife, evidenciar o *modus operandi*. A partir desse cenário, foram realizadas intervenções com a apresentação de ações propositivas (segundo a proposta da Pesquisa-Ação e Tecnologia Social), bem como proposição de ações futuras.

## 2. Aspectos legais e normativos



Equipamento desenvolvido para coleta de latas de alumínio (Museu do MIT, Boston).

Foto: Lúcia Xavier.

“Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605<sup>2</sup>, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.”

Caput da Lei nº 12305 de 2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos

Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.304 de 2010), a gestão de resíduos sólidos no Brasil deve ser implementada a partir da publicação da Lei e do seu Decreto regulamentador (Decreto nº 7.404 de 2010) (BRASIL, 2010b), priorizando três linhas de ação:

- *Planos de Gestão de Resíduos*: tanto na esfera municipal quanto estadual deverão ser elaborados e colocados em prática os planos de gestão de resíduos. O não cumprimento da determinação legal resultará na restrição do repasse de recursos por parte do Governo Federal, bem como na aplicação das sanções legais.
- *Sistemas de Logística Reversa*: para as seis categorias priorizadas pela PNRS, deverão ser realizados os projetos e a implantação de SLRs em conformidade com o teor dos acordos setoriais para cada segmento.
- *Encerramento dos lixões*: por determinação legal, os lixões devem ser fechados até agosto de 2014. Os municípios que não tiverem seus lixões encerrados dentro do prazo receberão notificação do Ministério Público e ficarão sujeitos ao não recebimento de recursos pelo Governo Federal. A notificação resultará em assinatura de

<sup>2</sup> Lei 9.605 de 1998- Lei de Crimes Ambientais.



Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) e, caso não haja cumprimento, o município será autuado e multado.

Ainda segundo o Decreto nº 7.404 de 2010, são três os instrumentos para implantação dos Sistemas de Logística Reversa em atendimento aos requisitos legais da PNRS, a saber:

- *Acordo setorial*: atos de natureza contratual, firmados entre o Poder Público e os fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, visando a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto.
- *Regulamento*: Decreto regulamentador.
- *Termo de Compromisso*: termos de compromisso com os fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes.

As categorias de resíduos priorizadas para a implantação do SLR são (BRASIL, 2010):

I - agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso, observadas as regras de gerenciamento de resíduos perigosos previstas em lei ou regulamento, em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa, ou em normas técnicas;

II - pilhas e baterias;

III - pneus;

IV - óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;

V - lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista;

VI - produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

Segundo o Anexo I da Diretiva Europeia (2012/19/EU, 2012), os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos podem ser categorizados em 10 categorias, a saber:

1. Grandes eletrodomésticos
2. Pequenos eletrodomésticos
3. Equipamentos informáticos e de telecomunicações
4. Equipamentos de consumo e painéis fotovoltaicos
5. Equipamentos de iluminação
6. Ferramentas elétricas e eletrônicas (com exceção de ferramentas industriais fixas de grandes dimensões)
7. Brinquedos e equipamento de desporto e lazer
8. Aparelhos médicos (com exceção de todos os produtos implantados e infetados)
9. Instrumentos de monitorização e controle
10. Distribuidores automáticos

Como pode-se observar, das 6 categorias priorizadas para a implantação dos sistemas de logística reversa (SLR) segundo a PNRS, 3 categorias são consideradas pela regulamentação europeia como resíduos de equipamentos eletroeletrônicos: pilhas e baterias, lâmpadas e eletroeletrônicos propriamente dito. Tal aspecto denota a relevância da gestão dos resíduos eletroeletrônicos e justifica a ênfase dessa pesquisa.

Como resposta à importância da orientação de políticas públicas para a destinação ambientalmente adequada de resíduos tecnológicos, estados como São Paulo, Pernambuco, Paraná e Mato

Grosso elaboraram suas próprias leis estaduais para a gestão dos equipamentos eletroeletrônicos.

Outra reação significativa, a partir da PNRS, foi a elaboração de normas técnicas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), instituição reconhecida internacionalmente pela elaboração de padrões e normas a partir de comitês de especialistas em diferentes temáticas. As normas elaboradas após a PNRS, relacionadas a gestão de resíduos, tiveram como tema principal a gestão de resíduos eletroeletrônicos, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Normas técnicas brasileiras sobre gestão de resíduos eletroeletrônicos.

<b>Norma Comissão de Estudo</b>	<b>Título</b>	<b>Estágio em dezembro de 2013</b>
ABNT NBR 15.833:2010	Manufatura Reversa de Aparelhos de Refrigeração	Em vigor
ABNT NBR 16.156:2013	Requisitos para Atividade de Manufatura Reversa de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos	Em vigor
IEC TR 62.725	Projeto 03.111.01-010 - Guia para informações de fim de vida fornecidas por fabricantes e recicladores e para o cálculo do índice de reciclabilidade de equipamentos eletroeletrônicos.	Em Consulta Nacional
CEE-197	Bens Reprocessados – Requisitos Gerais	Em Consulta Nacional

Nas discussões de maior parte dessas normas, algumas questões foram exaustivamente discutidas e eram retomadas seguidamente em todos os fóruns, abordando aspectos relacionados inclusive à definição do grau de risco dos resíduos, definição de ações para os

resíduos órfãos<sup>3</sup> a atuação dos catadores e mecanismos para o estabelecimento de ações compartilhadas entre os agentes envolvidos. Esses tópicos demandaram muito tempo nas discussões e nem todos encontram-se plenamente estabelecidos.

A norma ABNT NBR 16.156 de 2013 apresenta as seguintes definições:

- *resíduos eletroeletrônicos*: equipamentos eletroeletrônicos, partes e peças que chegaram ao final da sua vida útil ou o uso foi descontinuado;

- *resíduo eletroeletrônico perigoso*: resíduos eletroeletrônicos cuja composição é desconhecida ou que, em função de suas propriedades físicas ou químicas, pode apresentar:

a) risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices;

b) risco ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada;

E que são constituídos, contêm ou são derivados em todo ou em parte das substâncias ou elementos químicos ou grupos classificados como perigosos, conforme ABNT NBR 10004 e a base de dados ABNT NBR IEC 62474, ou assim classificados por outros regulamentos aplicáveis.

Em poucas palavras, o potencial de dano de determinados resíduos perigosos já caracteriza o risco e, desta forma, já remetem à necessidade de cuidados no manuseio.

---

<sup>3</sup> Produto órfão: aquele aparelho eletroeletrônico residual cuja marca já não se encontra mais no mercado do país onde ocorreu a destinação final.

A mesma norma ainda apresenta em seu Anexo A uma lista de substâncias potencialmente perigosas que podem estar presentes nos resíduos tecnológicos, tais como: asbestos, cádmio, cromo VI, gases fluorados, chumbo, mercúrio e percloratos.

Apesar do conhecimento dos danos que podem ser causados pelas substâncias exemplificadas anteriormente, ainda não há regulamentação sobre os resíduos tecnológicos nesse sentido. Na ausência de regulamentação sobre técnicas de manuseio deve-se atentar para os riscos dos materiais e substâncias por meio da identificação das substâncias de risco, conforme definido na norma anteriormente mencionada. Iniciar por procedimentos de coleta dos produtos pós-consumo é uma forma de se evitar a destinação inadequada.

Desta forma, o estado de Pernambuco aprovou a Lei Estadual nº 13.908 de 2009, antes mesmo da PNRS, que especifica sobre a obrigatoriedade de empresas produtoras, distribuidoras e revendedoras de equipamentos de informática instaladas no Estado de Pernambuco, criarem e manterem programa de recolhimento, reciclagem e destruição de equipamentos de informática.

Em setembro de 2013, foi aprovada a Lei Estadual nº 15.084 a respeito da obrigatoriedade do recebimento de equipamentos eletroeletrônicos pós-consumo em pontos de comercialização em todo o estado de Pernambuco. A Lei ainda necessita de regulamentação; entretanto, ainda assim, representa uma inovação significativa na medida em que estabelece a obrigatoriedade da recolha dos equipamentos pós-consumo por meio da aplicação de multas para o não cumprimento da determinação.

Segundo a Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Estado de Pernambuco (Semas), até dezembro de 2014 o decreto regulamentador da Lei nº 15.084 de 2013 encontrava-se em elaboração.

No âmbito federal, por sua vez, o texto do acordo setorial encontra-se em elaboração e deverá priorizar as ações, responsabilidades e prazos para a implantação da gestão dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos em todo o país.

Cabe ressaltar que o acordo setorial para lâmpadas, uma das categorias de resíduos eletroeletrônicos, foi assinado em 27 de novembro de 2014.

### **2.1. Impactos da destinação inadequada**

Em conformidade com os requisitos legais brasileiros e internacionais percebe-se que os resíduos tecnológicos podem ser classificados como resíduos perigosos e, por este motivo, devem ser manuseados de forma segura. Entretanto, não se encontram estabelecidos os critérios a serem observados nas etapas de coleta, transporte e processamento dessa categoria de resíduos.

Nesse sentido, o presente estudo propõe, segundo a análise das exigências legais e normativas em pauta, bem como as características dos resíduos, a informação sobre os impactos da destinação inadequada dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (Tabela 2).

Tabela 2: Efeitos das substâncias tóxicas presentes nos REEE.

<b>Substância</b>	<b>Via de contaminação</b>	<b>Efeito</b>
Arsênico	Ingestão de alimento e água contaminada	Irritação dos pulmões
	Inalação	Lesões no coração e nos vasos sanguíneos
	Manuseio	Exposição a níveis elevados pode ocasionar morte
Cádmio	Inalação	Bioacumulativo
	Ingestão de alimento e água contaminada	Provoca disfunção renal
	Manuseio	Lesões nos pulmões, nos ossos e no fígado
Chumbo	Ingestão de alimento e água contaminada	Disfunção renal e anemia
	Inalação e toque	Lesões no sistema nervoso, fígado, cérebro e órgãos reprodutivos
	Manuseio	Aumento da pressão sanguínea
Manganês	Inalação	Provoca gagueira e insônia
		Lesões no sistema nervoso e neurológico, fígado e cérebro
Mercúrio	Ingestão de alimentos, como peixes e crustáceos contaminados	Bioacumulativo
	Inalação	Lesões renais
	Manuseio	Afeta o cérebro e sistema neurológico. Estomatites
Zinco	Inalação	Problemas pulmonares

Fonte: Andrade-Lima (2012)

Andrade-Lima (2012) ainda apresenta um estudo com dados sobre a presença de alguns elementos químicos em computadores. A partir de uma análise do ano de 2010 a autora consegue apresentar

valores de consumo dessas substâncias em relação à produção mundial, permitindo inferência sobre os montantes descartados indevidamente e passíveis de contaminação e intoxicação.

Tabela 3. Impacto dos computadores (desktops + notebooks) e celulares sobre a demanda de metais, segundo venda global (2010).

Celulares 1,6 bilhões de unidades vendidas		Computadores - 347 milhões de unidades vendidas Desktops – 145,8 milhões Notebooks/netbooks – 201,2 milhões		Produção Mundial 2010	Celular + computador
x 15g Cu =	24.000t	Desktop 1.800g Cu Notebook 135,4g Cu	289.692,5t	Cu: 16.200 Mt	2%
x 0,5g Pb =	800t	Desktop 1.710g Pb Notebook 5,25g Pb	250.374,3t	Pb: 4.200 Mt	6%
x 2g Ni =	3.200t	Desktop 230g Ni Notebook 3,61g Ni	34.260,3t	Ni: 1.552 Mt	2,5%
x 0,5g Ag =	800t	Desktop 10g Ag Notebook 0,25g Ag	1.508,3t	Ag: 23.713 t	10%

Fonte: Andrade-Lima (2012)

Diante dos dados apresentados anteriormente são visíveis os impactos decorrentes da destinação inadequada. No entanto, também é possível visualizar o potencial de reaproveitamento de metais valiosos encontrados nos REEE, tais como: ouro, prata e cobre.

Na busca por substâncias de valor nos resíduos eletroeletrônicos, muitos indivíduos têm se contaminado. Diferentes técnicas de extração de metais das placas de circuito impressa (PCI) permitem a recuperação do material por meio de solventes, técnica conhecida como “via úmida” (XAVIER e CARVALHO, 2014). Entretanto, uma quantidade significativa de efluentes contaminados com solventes também é gerada por essa técnica, exigindo uma estação de tratamento de efluentes para tratamento dos resíduos gerados. Nem



sempre é possível a construção de uma estação como essa em uma cooperativa de catadores, por exemplo.

Desta forma, evidencia-se a impossibilidade de algumas técnicas como a extração de metais por meio de solventes em associações ou cooperativas de catadores. Caberia, no entanto, a realização desses procedimentos em indústrias de reciclagem providas de infraestrutura e documentações compatíveis.

A partir dessas considerações, propõe-se uma breve matriz de avaliação segundo os principais impactos verificados para a gestão de REEE e os requisitos legais e normativos aplicáveis (Tabela 4).

Tabela 4. Matriz de avaliação de impactos para a gestão de REEE.

Impacto	Significância (S)	Magnitude (M)	Total (S*M)
	1 a 3	1 a 3	
1. Informação sobre os riscos da gestão de REEE	3	3	9
2. <b>Uso de equipamentos de proteção individual (EPIs)</b>	2	1	2
3. <b>Manuseio adequado dos REEE</b>	2	2	4
4. <b>Acondicionamento adequado de REEE</b>	2	1	2
5. <b>Realização de campanhas de coleta de REEE</b>	2	3	6
6. <b>Disponibilização de postos de entrega voluntária (PEVs)</b>	3	2	6
7. <b>Informação sobre procedimentos de descarte de REEE</b>	2	2	4
8. <b>Investimento por parte dos produtores na logística reversa de REEE</b>	3	3	9
9. <b>Monitoramento da gestão de REE por instituições públicas</b>	3	3	9

Os valores para magnitude e significância respeitam a escala de 1 (menos importante) a 3 (mais importante), tendo-se como base os requisitos legais e normativos, bem como as orientações sobre o potencial de dano resultante da gestão de REEE, conforme discutido anteriormente.

A partir do exemplo proposto na Tabela 2 é possível observar a importância da disseminação de informação sobre os riscos envolvidos na gestão de REEE, bem como a necessidade de investimentos na logística reversa por parte das empresas produtoras e ainda o monitoramento e fiscalização das ações por parte do poder público.

A matriz proposta consiste em um exercício com o objetivo de apresentar, por meio de um método simples, a necessidade de priorização de ações para a gestão efetiva dos resíduos tecnológicos. Modelos mais complexos podem derivar dessa proposição inicial, considerando-se pesos diferenciados para as variáveis que podem, inclusive, ser classificadas em categorias e permitir análise segundo opinião de diferentes áreas de interesse segundo os atores da logística reversa.

## 6. Gestão de Resíduos na RMR



Ponto de Entrega Voluntária de pilhas e outros produtos pós-consumo (Plaza Shopping, Recife).

Foto: Rose Vieira.

Estatísticas recentes evidenciam o aumento significativo da geração de resíduos, um aspecto estreitamente relacionado ao crescimento econômico e aos hábitos de consumo que o Brasil tem experimentado nos últimos anos (SNIS, 2012). Os mecanismos vigentes para o gerenciamento de resíduos tem se mostrado insuficientes e inadequados para o efetivo equacionamento da questão. No entanto, a regulamentação da Política Nacional de Resíduos Sólidos se configura como uma importante ferramenta que tem sido implementada por meio de acordos setoriais. Nesse cenário, a atuação dos catadores mostra-se, por um lado, uma resposta efetiva para as lacunas do gerenciamento de resíduos e, por outro lado, os métodos empreendidos mostram-se rudimentares e pouco complacentes com a condição mínima de salubridade no desempenho das atividades, um dos preceitos da Tecnologia Social (ITS, 2004).

A partir da implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelecida pela Lei nº 12.305 de 2010 (BRASIL, 2010a), produtores, comerciantes, importadores, distribuidores e consumidores passaram a ter funções definidas a respeito da gestão de resíduos perigosos em seis categorias específicas. Dentre essas, a PNRS considera pilhas, baterias e lâmpadas, além dos eletroeletrônicos propriamente ditos, todos considerados equipamentos eletroeletrônicos pela Diretiva do Parlamento Europeu 2012/19/EU, que regulamenta a gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

No Brasil, além de ser classificado como resíduo perigoso pela norma NRB ABTN 10.004 de 2004, os eletroeletrônicos pós-consumo ainda possuem valor agregado e, por este motivo, são foco da atuação de catadores. Entretanto, por não haver regulamentação específica e, em muitos casos, desconhecimento do potencial de dano do manuseio desses produtos e materiais que derivam de sua desmontagem, há maior risco da atuação dos catadores.

A determinação legal sobre o fechamento dos lixões é um aspecto que suscitou grandes questionamentos em todo país, ao ponto de ser sugerida a Medida Provisória nº 649 de 2014 e o Projeto de Lei de Conversão, no qual o artigo nº 117 sugere a revisão dos artigos nº 54 e 55 da Política Nacional de Resíduos Sólidos, ampliando prazo para o fechamento dos lixões até 2018. No entanto, essa sugestão foi vetada pela Presidência da República em novembro de 2014.

O Aterro da Muribeca, foi o principal aterro responsável pelo recebimento de resíduos da RMR, e atualmente encontra-se encerrado. Outros aterros encontram-se recebendo os resíduos produzidos na RMR, um localizado em Goiana e outro em Aguazinha. Entretanto, o Aterro da Muribeca é uma área que ainda necessita de ações no sentido da mitigação de impactos e gerenciamento de passivo ambiental. Questão a ser verificada no sentido da promoção socioambiental, no tocante à gestão de resíduos. Existem hoje dois aterros sanitários privados e licenciados em operação na RMR, bem como quatro aterros controlados, sendo dois desativados e em processo de remediação.

O contato com agentes contaminantes ao longo da cadeia reversa de equipamentos eletroeletrônicos pode ocorrer em diferentes etapas e com distintas intensidades. O contato direto com metais pesados durante a etapa de desmontagem dos aparatos resulta na absorção

pela pele e possível contaminação por bioacumulação nos organismos. Por outro lado, a queima de material provoca a liberação de material tóxico na atmosfera e, nesse caso, a contaminação ocorre pela inalação dos agentes tóxicos. Desta forma, o uso de equipamentos de proteção podem minimizar ou eliminar os impactos decorrentes da destinação (reuso, reciclagem e outros) ou disposição final (aterro e incineração), dos equipamentos eletroeletrônicos pós-consumo.

Deng et al (2006 e 2007), sugerem a análise de compostos tóxicos liberados na atmosfera a partir da atividade de reciclagem de REEE (DE BRITTO, 2004; DEKKER et al 2010). Os artigos apresentam a relação entre níveis de contaminação de áreas onde predomina a reciclagem desses equipamentos e alertam para a necessidade de consolidação de políticas públicas para o gerenciamento dos resíduos em questão. Outros autores ainda evidenciam o impacto da contaminação em solo, água e sedimentos (WONG, 2007; LEUNG, 2007), conseqüente fonte potencial de contaminação de animais, vegetais e humanos.

A gestão de resíduos tem início quando o consumidor já não tem suas expectativas atendidas com o produto adquirido e, por isso, resolve descartá-lo. Segundo o relatório STEP 2011<sup>4</sup>, a reutilização deve ser priorizada como meio de diminuir impactos ambientais dos equipamentos eletroeletrônicos. O reuso é uma resposta à tendência do encurtamento do tempo de vida útil dos produtos, por meio da manutenção das funcionalidades a partir de ações como reparo, recondiçãoamento ou remanufatura. Apenas quando o produto é considerado obsoleto e não mais apresenta condições de reuso,

---

<sup>4</sup>[http://www.step-initiative.org/tl\\_files/step/documents/StEP%20Annual%20Report%202011\\_lowres.pdf](http://www.step-initiative.org/tl_files/step/documents/StEP%20Annual%20Report%202011_lowres.pdf)

passa-se a considerar então as etapas seguintes de destinação ou, em casos específicos, disposição final.

O investimento em tecnologias e aquisição de equipamentos que possam separar e favorecer a reciclagem também são de significativa importância nessa etapa do ciclo, pois é importante ter como tratar e recuperar a maior parte dos materiais empregados na fabricação, evitando extraí-los das reservas naturais, o que causa grande impacto ao meio ambiente.

Atualmente, o custo de extração ainda favorece que esses materiais sejam extraídos da natureza e sua reciclagem seja menos importante para a indústria brasileira. Apesar de o Brasil ter muitas fontes de recursos minerais, grande parte dos componentes eletroeletrônicos ainda provém de importação (ABINEE, 2012). As indústrias de computadores que atuam no país no segmento de Tecnologia, Informação e Comunicação (TIC), produzindo computadores, celulares e outros, realizam apenas a montagem desses equipamentos a partir de peças e partes adquiridas de outros países.

De acordo com Jinglei et al (2009), métodos simples de reciclagem e a carência de mecanismos eficazes de controle da poluição, verificados em países em desenvolvimento, os tornam mais suscetíveis à poluição ambiental, resultando em impactos significativos à saúde humana (ALENCAR et al, 2009). Nesse sentido, Sepúlveda et al (2010) relatam um fluxo relativamente intenso de REEE partindo, principalmente, dos Estados Unidos, Canadá, Austrália, Europa, Japão e Coreia com destino a países asiáticos como China, Índia e Paquistão.

Alguns elementos fundamentais para a caracterização dessa concepção de tecnologia são apontados pelo ITS (2004): é desenvolvida e praticada na interação com a população e apropriada por ela. Os princípios da tecnologia social (SCHUMACHER, 1979) ressaltam a importância da aprendizagem e participação dos agentes como processos de cooperação e, para tanto, exigem a compreensão da realidade de maneira sistêmica e o respeito às identidades locais. Os parâmetros de tecnologia social consideram algumas definições básicas, tais como:

- razão de ser da tecnologia social — atender as demandas sociais concretas vividas e identificadas pela população;
- processo de tomada de decisão — processo democrático e desenvolvido a partir de estratégias especialmente dirigidas à mobilização e à participação da população;
- papel da população — há participação, apropriação e aprendizado por parte da população e de outros atores envolvidos;
- sistemática — há planejamento, aplicação ou sistematização de conhecimento de forma organizada;
- construção do conhecimento — há produção de novos conhecimentos a partir da prática;
- sustentabilidade — a tecnologia social visa à sustentabilidade econômica, social e ambiental;
- ampliação de escala — gera aprendizagem que serve de referência para novas experiências.

A atuação de iniciativas sociais e tecnológicas na gestão de resíduos se faz uma realidade na Região Metropolitana do Recife (RMR).

Nesse sentido, foram experimentadas diferentes formas de acondicionamento e reciclagem, bem como foram estabelecidos procedimentos para a realização da logística reversa, mas sempre como iniciativa espontânea a partir de organizações sociais (associações e cooperativas de catadores) ou do poder público (estabelecimento de pontos de recebimento voluntário). De modo geral, o aprendizado tem ocorrido de forma basicamente experimental, sem uma maior orientação ou otimização dos processos.

A gestão de resíduos no estado de Pernambuco é realizada sob a responsabilidade de diferentes instâncias. Enquanto as 14 cidades da Região Metropolitana estão sob a responsabilidade da Secretaria das Cidades do Estado de Pernambuco (Secid), nos demais 171 municípios a gestão ocorre por intermédio da Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (Semas). Fernandes et al (2014) ainda enfatizam que a Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana (Emlurb) é a responsável pela gestão de resíduos sólidos na cidade do Recife. A Emlurb, por sua vez, é uma empresa pública vinculada à Secretaria de Serviços Públicos da Prefeitura do Recife e de Paulista, por intermédio do estabelecimento de uma Parceria Público Privada.

Na RMR apenas os municípios de Recife, Jaboatão dos Guararapes e Olinda possuem a coleta seletiva estruturada. Fernandes et al (2014) afirmam que “foram identificadas na RMR 25 entidades organizadas, constituídas por associações ou cooperativas, que agregam 517 catadores de um total aproximado de 5000 catadores existentes.”

Ao longo dos anos de 2013 e 2014 a Secid contratou uma empresa consultora para realizar o diagnóstico da gestão de resíduos no estado. Nesse sentido Fernandes et al (2014) consideram que cerca de 25% das 5 mil toneladas de resíduos gerados diariamente na RMR



sejam equivalentes a materiais recicláveis, enquanto 55% seja material orgânico e cerca de 20% sejam rejeitos.

O estudo proposto por Fernandes et al (2014) propõe e discute seis cenários para os quais são considerados o tipo de gestão de aterros (pública ou privada), a localização de novos aterros, a possibilidade de aproveitamento energético a partir de resíduos, aspectos da localização de pontos de transbordo, volumes de resíduos gerenciados pelas unidades e o poder de negociação dos municípios em relação aos valores dos contratos de prestação de serviços.

Apesar dos resultados apresentados por Fenandes et al (2014) serem de significativa relevância, não são aprofundadas as considerações sobre os cenários em razão do enfoque não se deter aos REEE. No entanto, os aspectos relacionados à gestão de resíduos na RMR foram salientados, conforme o interesse da pesquisa. Desta forma, a seguir são detalhados aspectos das evidências de campo como fonte para argumentações posteriores.

A Figura 4, por sua vez, representa atividades de catação desempenhada por crianças na RMR, em desconformidade com os requisitos legalmente constituídos. A matéria foi amplamente divulgada, inclusive na mídia internacional. Ações no sentido de educação para a gestão de resíduos, bem como saneamento básico tendem a contribuir para a mitigação de cenários como o evidenciado na figura. Em destaque a figura evidencia a presença de um tubo do tipo CRT (*cathodic ray tube*) quebrado, um resíduo eletroeletrônico com significativo potencial de risco à saúde humana.

Figura 4. Coleta de resíduos no Canal do Arruda.



Foto: Diego Nigro (Sarmiento, 2013).

O desconhecimento sobre os riscos envolvidos desde o manuseio para a desmontagem até a contaminação do ambiente é patente na RMR. Alegando desconhecer os procedimentos para a destinação ambientalmente adequada dos REEE, os consumidores tendem a destinar tais produtos pós-consumo na coleta doméstica de resíduos.

Mesmo havendo coleta seletiva em alguns bairros das cidades de Olinda, Jaboatão dos Guararapes e Recife, os procedimentos para a separação dos resíduos, muitas vezes, ainda está sob a responsabilidade dos porteiros de prédios e condomínios ou até mesmo dos garis no momento da coleta.

A partir da pesquisa de campo foi possível identificar o descarte inadequado de resíduos tecnológicos em áreas carentes da RMR. A Figura 5 também evidencia uma área do município de Abreu e Lima.

Figura 5. Evidência de descarte inadequado em Abreu e Lima (PE).



Foto: Lúcia Xavier.

Vale ressaltar que, nessa figura, há ausência dos tubos de vidro dos televisores descartados (cinescópios), a partir do que pode-se inferir que esses monitores foram possivelmente quebrados para a retirada de filamentos de cobre, material de maior valor nesse tipo de equipamento.

### **6.1. Estado da arte das iniciativas sociais**

De acordo com informações da Central de Cooperativas de Recicláveis de Pernambuco (Rede Ceorpe) (2014) estima-se que existem cerca de 60 cooperativas de catadores no estado de Pernambuco. A Rede Ceorpe congrega 10 cooperativas que atuam prioritariamente nos municípios da Região Metropolitana do Recife (RMR).

Cerca de 70 catadores, formalmente vinculados a associações e cooperativas de catadores, receberam capacitação para a atuação durante o Mundial de Futebol – FIFA 2014, com o apoio da empresa Coca-Cola Brasil. Como Pernambuco foi uma das 12 cidades-sede, os catadores foram orientados quanto ao manuseio de equipamentos, dinâmica de trabalho e segurança do trabalho durante os meses de abril e maio de 2014.

Figura 6. Capacitação de catadores de recicláveis para a Copa do Mundo FIFA 2014, em Recife (PE).



Fonte: <http://www.secopa.pe.gov.br/pt/noticias/ultimas/210/treinamento-para-catadores-do-recife>

Em todo o país foram capacitados 840 catadores. Cada catador recebeu uma diária de R\$ 80,00, os gestores das cooperativas receberam diárias de R\$ 140,00, além de poderem realizar a triagem, transporte e comercialização de todo o material coletado durante os jogos.

Para acessar o local de trabalho (arena dos jogos), os catadores deveriam ser credenciados e identificados por meio de crachá personalizados. Todo o material triado no próprio local dos jogos foi transportado por caminhões próprios das cooperativas.

Os catadores da Rede Ceorpe gerenciaram todo o processo e perceberam a importância da capacitação para a aquisição de conhecimento a ser aplicado em suas práticas diárias e para a prestação de serviços para outras instituições.

Tanto a Copa das Confederações quanto o Mundial de Futebol foram oportunidades que os catadores tiveram para aprimorar os procedimentos operacionais e gerenciais. As experiências apreendidas permitiram, de acordo com o relato de alguns envolvidos, a melhoria das atividades diárias e ainda a percepção sobre a importância do trabalho que desenvolvem.

No entanto, ainda há um significativo contingente de catadores que não atuam vinculados à associações ou cooperativas. Esses trabalhadores são considerados “autônomos” ou “individuais” e atuam de forma diferenciada. A coleta de material reciclável ocorre de modo eventual e, em poucos casos, com prévio acordo ou agendamento entre as partes. Geralmente não há estocagem ou desmontagem de material. O que é coletado durante o dia segue para comercialização imediata junto aos agentes intermediários (atravessadores, trapeiros ou deposeiros).

Os agentes que atuam individualmente tendem a praticar valores inferiores de comercialização em razão dos baixos volumes transportados e ainda em decorrência da urgência da negociação para suprir suas necessidades imediatas por recursos. Na maioria das vezes os recursos adquiridos pela comercialização dos materiais recicláveis são dedicados à compra de itens de primeira necessidade (alimentos, medicamentos ou vestuário). Enquanto nas cooperativas e associações há, na maior parte das vezes, a possibilidade de um mínimo

planejamento a respeito dos recursos obtidos com a comercialização dos materiais.

Um aspecto relevante que foi evidenciado em várias saídas de campo na RMR é o desconhecimento das regras de trânsito por parte dos catadores (cooperados ou não). Como transitam pelas principais vias públicas e em diferentes horários, muitas vezes os carroceiros são rejeitados pela população por desconhecerem regras de segurança no trânsito.

Algumas das principais queixas dos motoristas em relação à atuação dos catadores com o uso de carrinhos na RMR são:

1. Deslocamento dos carrinhos nas vias ou horários de trânsito intenso;
2. Estacionamento dos carrinhos em locais inapropriados (próximos a cruzamento, esquinas ou sinais de trânsito, por exemplo);
3. Deslocamento dos carrinhos em vias estreitas, dificultando o trânsito dos pedestres e a ultrapassagem dos veículos automotivos e até urgências;
4. Dificulta o trânsito de bicicletas junto ao meio-fio;
5. Podem aumentar a incidência de acidentes em razão da baixa velocidade que praticam;
6. Mesmo em vias mais largas, alguns carrinhos podem ter sua largura superior ao de um veículo usual e, desta forma, dificultar a ultrapassagem (Figura 7).

Figura 7. Carrinho de catador com largura superior ao esperado.



Foto: Lúcia Xavier.

Conforme apresentado na Figura 7, evidencia-se um carrinho com excesso de materiais que ultrapassar a largura esperada para o tráfego em vias usuais e estacionado em local onde não seria permitido o estacionamento (o mesmo para a Figura 8), conforme indicativo na placa de sinalização. Nesse caso, para trafegarem os veículos deveriam seguir em fila única até a desobstrução da via.

Figura 8. Carrinho de catador com dimensões compatíveis.



Foto: Lúcia Xavier.

A solução para situações como essas seria a redução da largura do veículo, o estacionamento em local permitido ou a redução dos volumes transportados. Essa última sugestão, no entanto, resulta necessariamente no aumento do número de viagens que, por sua vez, reduz a eficiência do deslocamento.



## 6.2. Propondo soluções<sup>5</sup>

Para a atuação de associações e cooperativas de catadores no Brasil, em atendimento à PNRS, um dos principais desafios é a provisão de infraestrutura, maquinário, pessoal e a gestão desses recursos em função da demanda de recebimento e comercialização dos materiais recicláveis. A identificação da área de localização e abrangência, a qualificação ou vocação dos indivíduos envolvidos, bem como os tipos de compradores interessados são algumas das abordagens que devem ser incluídas, denotando maior complexidade no processo de gestão dessas áreas do processo.

Como parte do estudo de caso foi realizada a análise das instalações e do potencial de gestão dos resíduos na Cooperativa Pró-Recife, localizada na Região Metropolitana do Recife, em Pernambuco. A partir dessa análise foi possível a identificação dos principais pontos a serem trabalhados para a melhoria da eficiência do processo de gerenciamento de resíduos. Em parceria com os cooperados foi possível ainda a identificação dos objetivos futuros, considerando-se parcerias, contratos e demandas, bem como o potencial de adaptação do espaço.

Um dos principais resultados foi a proposição do rearranjo físico do espaço, da localização dos equipamentos e do agendamento das cargas de entrada e de saída ao longo do tempo com vistas à otimização do processo e, conseqüentemente, da melhoria da gestão.

O uso de equipamentos de proteção individual (EPIs) ainda é pouco utilizado e disseminado entre os catadores, o que denota maior atenção por parte dos gestores no intuito de se promover ações de capacitação acerca dos danos potenciais. Por outro lado, o tempo de permanência dos

---

<sup>5</sup> Parte desse texto foi adaptado do trabalho apresentado no ENCONTRO NACIONAL "CONHECIMENTO E TECNOLOGIA: INCLUSÃO SOCIOECONÔMICA DE CATADORES(AS) DE MATERIAIS RECICLÁVEIS", conforme XAVIER et al, 2014b.

produtos e materiais nos galpões de triagem e processamento pode ser um dos principais aspectos que podem impactar a saúde humana e ambiental.

Por exemplo, materiais residuais contaminados com matéria orgânica que permanecem por longo período de tempo armazenados nas cooperativas tendem a ser foco do desenvolvimento e proliferação de vetores de doenças, como ratos, moscas, baratas e outros. Materiais recicláveis não contaminados, limpos e com tempo reduzido de residência (permanência no galpão) tendem a minimizar impactos relacionados à contaminação do ambiente e, conseqüentemente, geração de impacto à saúde.

A esse respeito Cardoso et al (2006) apresentam uma análise sobre o tempo de ciclagem em razão da vida útil dos produtos e materiais. Nessa análise os autores discutem tanto os aspectos relacionados aos volumes processados, quanto à previsibilidade no recebimento e gestão de diferentes materiais e produtos.

É notório o fato de que o aumento do tempo de permanência dos materiais (processados ou não) dentro dos galpões apresenta mais impactos negativos do que positivos. Enquanto algumas associações e cooperativas podem investir no prolongamento da permanência dos materiais com vistas a obtenção de melhores preços de mercado, na maioria dos casos as razões se justificam por problemas operacionais e não como uma estratégia de negócio (GONÇALVES, 2003).

De modo geral, os espaços de recebimento e processamento de materiais reciclados são constituídos sem um planejamento prévio e são organizados de modo a atender a demandas eventuais. A baixa previsibilidade (CARDOSO et al, 2006) na geração dos resíduos e a alta flutuação dos valores de comercialização dos materiais recicláveis (IPEA, 2013), podem ser percebidos como aspectos que conferem incerteza ao

processo de gestão de resíduos e, conseqüentemente, aumentam os custos do SLR.

A proposta de organização do espaço físico para a otimização do gerenciamento de materiais pós-consumo consiste, portanto, em uma solução que busca integrar o conhecimento operacional dos catadores à técnica de gerenciamento de cadeias produtivas. Considerando, portanto, o SLR como uma cadeia produtiva em potencial.

A cooperativa de catadores Pró-Recife, uma das mais antigas, localizada na cidade do Recife, em Pernambuco, congrega 23 cooperados que atuam em esquema de revezamento de turno e com estabelecimento dos rendimentos proporcionais à produção.

Foram realizadas sucessivas visitas técnicas ao galpão da cooperativa Pró-Recife, localizada na cidade do Recife, em Pernambuco. As visitas sempre acompanhadas de um ou mais cooperados, teve como objetivo a identificação das atividades realizadas e ainda coletar propostas dos próprios cooperados para a implementação de melhorias.

A partir da identificação dos principais problemas percebidos pelos representantes da cooperativa, optou-se por direcionar as ações no sentido de organizar o fluxo produtivo. Para tanto, verificou-se o volume de materiais processados, esquema de agendamento das entradas e saídas, capacidade do galpão de armazenamento e dos equipamentos de processamento (prensa, balança, etc).

Para a proposição de organização dos processos decidiu-se focar no rearranjo do espaço físico como forma de otimização dos processos e aumento da ecoeficiência.

A partir de visitas de campo à cooperativa Pró-Recife foi possível a identificação dos aspectos-chave tanto para a disposição atual do espaço

físico quanto da necessidade de mudanças percebidas pelos próprios cooperados.

O trabalho consistiu tanto da percepção dos cooperados sobre as questões que restringem a operacionalização como também da percepção dos pesquisadores sobre o potencial do espaço e adoção de mudanças para a otimização das atividades, buscando a continuidade dos trabalhos de forma a se promover a destinação ambientalmente adequada, conforme requisitos da PNRS.

### **6.2.1 Descrição da estrutura atual da cooperativa Pró-Recife**

A cooperativa Pró-Recife localiza-se no bairro da Imbiribeira, na cidade do Recife, faz parte da rede de Cooperativas e Associações de Catadores de Pernambuco, a Cecorpe. A infraestrutura da Cooperativa Pró-Recife é constituída de três áreas: galpão A (500m<sup>2</sup>), galpão B (300m<sup>2</sup>), administração C (100m<sup>2</sup>) e área de carga e descarga.

O processo atual compreende a chegada do material em caminhões ou carroças, com retirada na área de carga e descarga. O material é temporariamente estocado próximo à área de carga e descarga. A etapa seguinte consiste na triagem dos materiais conforme o tipo (papelão, papel, vidro, plástico, etc), seguida da prensagem e enfardamento ou separação em “bags”.

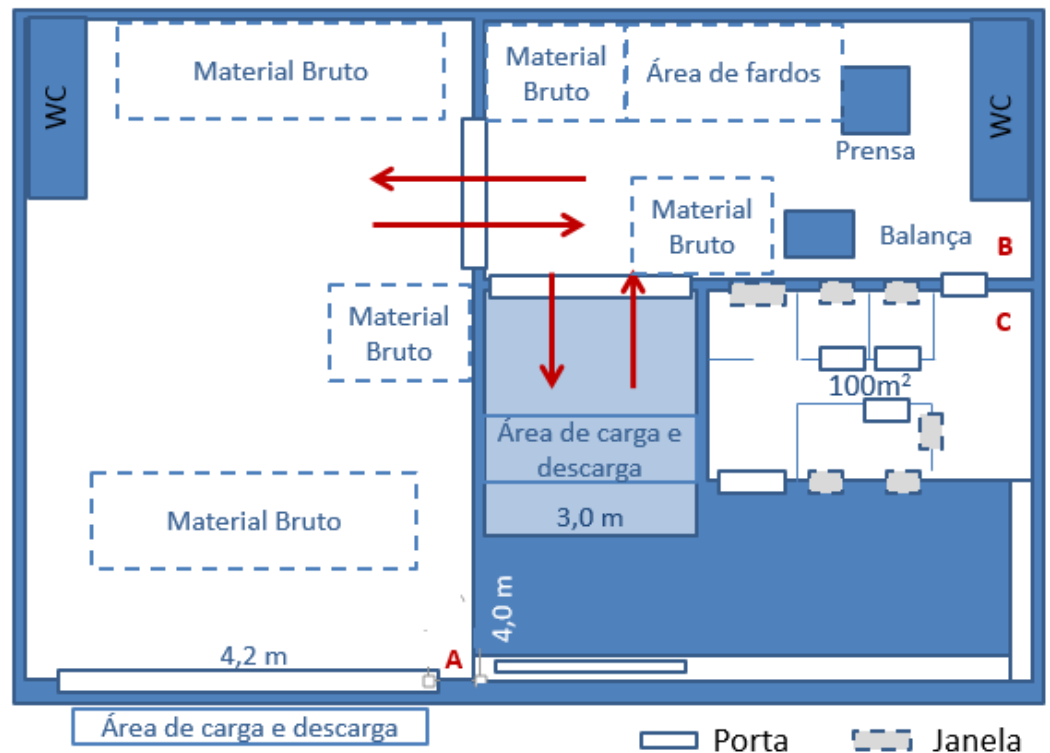
O vidro é quebrado ou triturado antes do acondicionamento em *bags*, para compactação do volume. Em seguida, há a pesagem do material para a comercialização e destinação a atravessadores ou indústria da reciclagem.

As duas mesas de triagem da cooperativa (com dimensões de 3,0 m de comprimento e 1,5 m de largura cada uma) ficam hoje localizadas no galpão B, próximas à prensa e balança.

Em função do acúmulo ocasional de material bruto, a prensa, as mesas ou até mesmo o acesso ao galpão ficam limitados, impactando inclusive o recebimento de novos materiais. Esse problema é verificado na maioria das cooperativas e requer uma pesquisa mais detalhada que compreenda o fluxo de produtos e materiais, a estrutura disponível para a execução dos trabalhos e ainda o número de associados ou cooperados disponíveis ao longo da semana de trabalho para a atuação nas etapas de: recebimento e descarregamento de material, acondicionamento no galpão, triagem, trituração, compactação (prensagem), enfardamento, estoque e carregamento.

Havendo espaço, pessoas disponíveis para as tarefas e maquinário apto ao uso, as atividades tendem a ser desempenhadas em menor espaço de tempo. No entanto, o comprometimento de qualquer desses recursos pode impactar significativamente o desenvolvimento das tarefas.

Figura 9. Estrutura física da Cooperativa Pró-Recife.



A cooperativa Pró-Recife possui sua área de triagem próxima à área de entrada, onde também se localizam os principais equipamentos para o processamento dos materiais pós-consumo: a balança e a prensa (Figura 9). Um dos principais problemas verificados é o acúmulo de material próximo à área de comunicação entre os dois galpões, prejudicando tanto o recebimento e depósito de novos materiais, quanto a movimentação dentro do galpão menor e ainda a saída dos materiais processados.

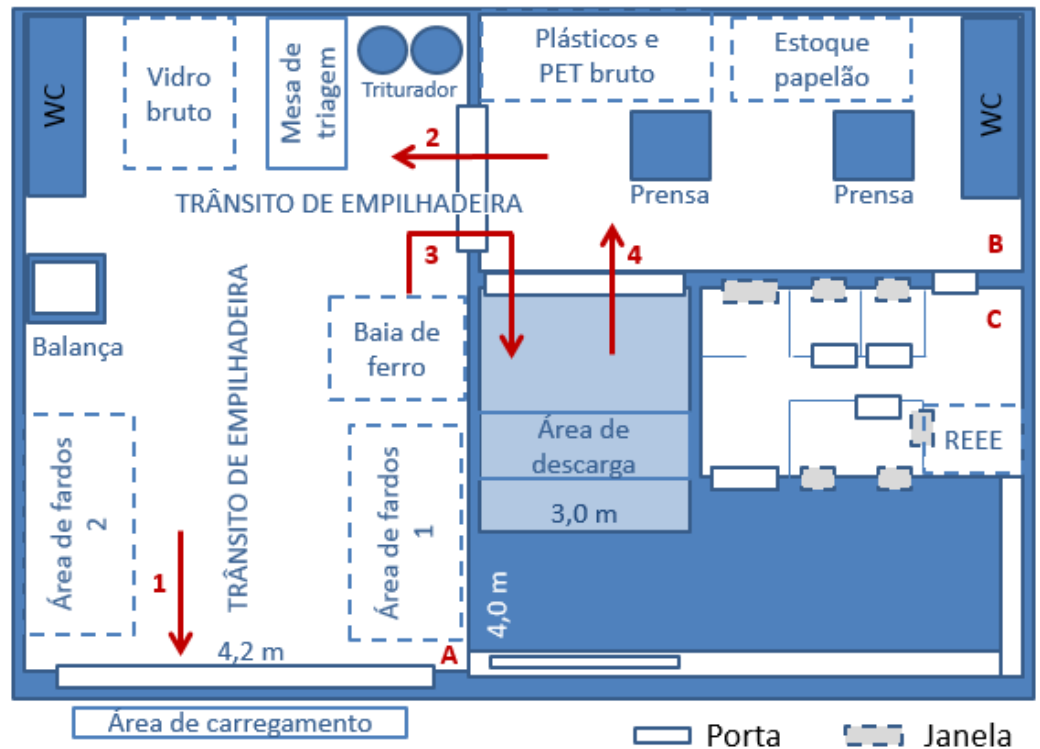
Um outro aspecto observado foi a subutilização do galpão A em razão do acúmulo de material na parte posterior, oposta à atual área de carga e descarga. Há materiais armazenados que não podem ser processados por falta de espaço no local. Por vezes a empilhadeira e as prensas ficam inacessíveis em função do material acumulado ao seu redor. Os espaços para entrada e estocagem do material não se encontram bem estabelecidos, o que também impede um maior fluxo dos materiais já processados.

O controle do fluxo de materiais por meio do registro da movimentação de entrada e saída também é passível de melhorias. No entanto, esse aspecto não será abordado em profundidade nesse trabalho. A análise será especificamente relacionada ao rearranjo do espaço físico, priorizando a disposição dos maquinários e estações de trabalho, sem intervenção na estrutura física disponível, entendendo que esta atende a demanda atual.

### **6.2.2 Descrição de proposta de rearranjo do layout**

Tento em vista os aspectos de ineficiência identificados a partir do discurso dos responsáveis pela cooperativa, bem como a partir das evidências do estudo de campo, foi possível a construção de um modelo de rearranjo físico da infraestrutura, conforme apresentado na Figura 10.

Figura 10. Modelo de rearranjo físico da Cooperativa Pró-Recife.



A primeira mudança que se percebeu necessária foi a definição das áreas de acesso, com delimitação dos pontos de carga e descarga. Foi definido que o acesso do galpão A seria apenas para o carregamento de material já processado e o acesso do galpão B seria para a descarga, ou recebimento, de material. Exceto para o material ferroso, cuja saída seria pelo acesso do galpão B, em razão da altura desse acesso que permite o



trabalho do caminhão. Todos os demais materiais seriam retirados apenas pelo acesso do galpão A.

Desta forma, considerando-se a saída do material ferroso pelo acesso do galpão B é importante que seja definida a conciliação entre as agendas de descarregamento de materiais diversos e a saída do material ferroso, com vistas a se evitar concomitância com a realização dessas operações.

A definição das áreas de carga e descarga se deu em função da definição dos espaços disponíveis para acomodação do material processado. Os cooperados definiram que o galpão A, por apresentar um espaço maior e ainda poder acomodar área de processamento, seria o local ideal para a acomodação dos fardos e saída do material processado. Por outro lado, o galpão B, apesar de ter um espaço menor, tem uma disposição horizontal, em relação à entrada do material, facilitando a sua distribuição a partir do descarregamento. Papel e papelão seguem para o lado direito, enquanto plásticos ficam à frente e vidros seguem para o lado esquerdo do portão de acesso do descarregamento. Em seguida, foram definidas as áreas de processamento.

Ao fundo do galpão A foi estabelecida a localização do depósito de vidro bruto, bem como da mesa de triagem e pontos de trituração. Na parte posterior do galpão B localizam-se tanto a área de estocagem de plásticos, quanto do papel e papelão, bem como as respectivas prensas.

Os fardos produzidos ou *bags* de material triturado são acomodados no galpão A, próximo à área de carga, ou seja, espaço de saída do material.

Diferente do modelo atual, nessa nova organização do espaço há delimitação da área de tráfego das empilhadeiras, fundamental para maior dinâmica de transferência dos materiais processados dentro dos galpões e ainda maior visibilidade dos materiais aptos à comercialização.

A área administrativa permanece basicamente com a mesma disposição, exceto pela inclusão de área dedicada à desmontagem dos materiais de equipamentos eletroeletrônicos pós-consumo. Esses últimos são representados por materiais de alto valor agregado e com alta rotatividade em comparação com outros materiais.

### **6.2.3 Adequação do espaço e gestão operacional**

Todo o trabalho contou com a colaboração dos cooperados e desta forma foi possível alinhar as expectativas dos cooperados com o potencial do espaço e ainda os conceitos técnicos relacionados ao gerenciamento de SLR.

A atuação do poder público, apesar de não configurar como objeto desse trabalho, foi analisada de modo transversal. Enquanto as associações e cooperativas prestam um serviço ambiental à sociedade e ainda geram renda para a auto-gestão, estão aptas a absorver e também difundir técnicas de operacionalização da gestão de resíduos.

Enquanto instituições desvinculadas do poder público, as associações e cooperativas se beneficiam de isenções fiscais e também recebem outros incentivos fiscais e tributários que podem contribuir para o desenvolvimento das atividades de gestão dos resíduos. Uma perspectiva recente é a implementação dos Créditos de Logística Reversa (BVRio, 2014), uma iniciativa que pode, em médio prazo, contribuir para a auto-suficiência das associações e cooperativas.

A proposta apresenta uma abordagem conceitual e prática de rearranjo físico com o objetivo de otimização de um SLR, considerando-se a atuação de catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis. A partir do estudo preliminar foi possível identificar a potencialidade da cooperação entre o conhecimento operacional advindo dos catadores e o

conhecimento técnico da academia, em prol de um denominador comum. Os resultados evidenciam a potencialidade de aprimoramento da logística de recebimento, armazenagem, processamento e saída dos materiais em um galpão de uma cooperativa localizada na cidade do Recife.

Espera-se com a proposição de rearranjo físico da estrutura da cooperativa Pró-Recife melhorar alguns aspectos da operacionalização e gestão dos recursos. Dentre as principais contribuições, espera-se:

- melhorar a organização da alocação dos materiais do espaço;
- tornar mais evidente os volumes processados;
- viabilizar um melhor controle das operações;
- agilizar o fluxo dos materiais;
- otimizar o processo de comercialização;
- aumentar a alocação do maquinário disponível;
- melhorar a eficiência dos processos como um todo.

Os resultados preliminares analisados sugerem que os cooperados da Pró-Recife percebem a importância da reorganização do espaço físico da cooperativa como forma de obtenção de melhorias no seu processo operacional e, conseqüentemente, o aumento da renda da equipe. Nos relatos registrados os cooperados mostraram-se aptos a absorver conhecimentos técnicos, da mesma forma que compartilhavam suas percepções e proposições acerca da gestão dos equipamentos, espaços e materiais. As principais dúvidas colocadas versavam sobre alternativas para a gestão das cadeias reversas e demonstravam conhecimento sobre o planejamento das coletas, alocação do transporte e de pessoal.

A configuração de uma equipe mínima para o desempenho das funções mostrou-se mais efetivo e, por isso, espera-se manter o mesmo número de cooperados após a implementação das mudanças sugeridas por essa pesquisa.

## 7. Análise das categorias de resíduos



Workshop do projeto.  
Foto: Rodrigo Medeiros.

A partir de definição estabelecida na PNRS, em 2013 o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) publicou a Instrução Normativa nº 01 de 2013, regulamentando o Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Sólidos (Cnorp). Pessoas jurídicas responsáveis por comercialização, operação ou transporte de resíduos perigosos devem primeiro se inscrever no Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais (CTF APP), no site do Ibama ([www.ibama.gov.br](http://www.ibama.gov.br)) e, em seguida realizar o cadastro do Cnorp. A partir daí, serão emitidos relatórios anuais dessas atividades, a serem cadastrados até o dia 31 de março de cada ano.

A ausência do registro Cnorp configura-se como infração descrita no artigo 76 do Decreto nº 6.514 de 2008, que dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente.

Em última instância, tais informações serão divulgadas por meio do Sistema Nacional de Informação sobre Resíduos (Sinir), pelo Ministério do Meio Ambiente.

Tais orientações possibilitarão o controle anual da gestão de resíduos perigosos no país. A União e os órgãos vinculados irão priorizar o acesso a recursos financeiros àqueles que mantiverem os dados atualizados sobre a gestão de resíduos, o que será comprovado mediante a apresentação de Certidão de Regularidade emitida pelo órgão coordenado pelo Sinir.

Conforme analisado anteriormente, o estado de Pernambuco é um dos que apresenta um referencial normativo mais completo em relação à gestão de resíduos sólidos no país. Em relação à gestão de resíduos

de equipamentos eletroeletrônicos, o estado foi o primeiro a referenciar a aplicação de multas para casos de não atendimento aos requisitos legais e, por este motivo, é pioneiro na proposição de uma consolidação do arcabouço legal em conformidade com orientações da PNRS.

No entanto, muitos aspectos ainda encontram-se por ser discutidos. Principalmente aqueles referentes à definição e regulamentação do Pagamento por Serviços Ambientais, aspectos da saúde e segurança do trabalhador, bem como o estabelecimento de parcerias público-privadas para a consecução dos objetivos almejados.

Com o propósito de colaborar com a elaboração de políticas públicas voltadas para a gestão de resíduos sólidos na RMR, são apresentadas a seguir considerações sobre cada uma das 6 categorias priorizadas na Política Nacional de Resíduos Sólidos no âmbito da implementação dos Sistemas de Logística Reversa, conforme descrito a seguir:

### **7.1. Agrotóxicos**

O gerenciamento das embalagens pós-consumo de defensivos agrícolas já encontra-se regulamentado no país a partir da Lei nº 9.974 de 2000 que regulamenta a destinação final de embalagens de agrotóxicos no Brasil. Desta forma, esse segmento dispõe da logística reversa melhor estruturada no país e com maior repercussão na abordagem técnica e acadêmica.

De acordo com Cantos et al (2008), a logística reversa de embalagens de agrotóxicos considera o envolvimento de todos os agentes da cadeia desde a produção até o consumo, evidenciando, dessa forma, o critério de corresponsabilidade de todos na geração e destinação das embalagens vazias de agrotóxicos.

## **7.2. Pilhas e baterias**

Os critérios para a gestão de pilhas e baterias no estado de Pernambuco estão regulamentados sob a Lei nº 15.084 de 2013 que estabelece a obrigatoriedade da implantação de pontos de coleta a partir de estabelecimentos comerciais do estado.

Algumas iniciativas espontâneas têm sido observadas na RMR mesmo antes da referida lei ser aprovada. De acordo com Lima et al (2013), em uma proposta inovadora, a Universidade Federal Rural de Pernambuco instalou seis pontos de coleta no Campus Universitário e obteve a coleta de 19,5 Kg ao longo de um mês de campanha. Um montante ainda pouco expressivo mas com potencial para ampliação.

## **7.3. Pneus**

O maior programa integrado de logística reversa de pneus automotivos pós-consumo no Brasil é o Reciclanip. A partir da Resolução CONAMA nº 258 de 1999, que regulamenta a coleta e destinação ambientalmente adequada de pneus inservíveis por parte dos fabricantes, foi estabelecido este programa.

Com investimento previsto de mais de R\$ 100 milhões em 2014, a Reciclanip é a entidade gestora da logística reversa dos pneus inservíveis no Brasil e congrega as seguintes empresas produtoras: Bridgestone, Continental, Goodyear, Michelin e Pirelli.

Desde o início do programa em 1999 até dezembro de 2014 já foram destinadas quase 3 milhões de toneladas de pneus no Brasil.

Existem atualmente 834 pontos de recebimento de pneus inservíveis nos 27 estados do país. No estado de Pernambuco existem 10 pontos de recebimento de pneus, dos quais 7 se localizam na RMR.

Tabela 5. Pontos de recebimento de pneus em Pernambuco.

CABO DE SANTO AGOSTINHO Empresa: Dafonte Renovadora de Pneus	(81) 3518-5900
CAMARAGIBE	(081) 99818112
CARUARU Empresa: Pneuac	(81) 3721-4007
GARANHUNS Empresa: Solução Auto Center	(87)3762-1455
JABOATÃO DOS GUARARAPES Empresa: Pneubus	(81) 3479-2000
OLINDA	(81) 3439-2522 ou 3429-0001
PAULISTA	(81) 8804-4260
PETROLINA Empresa: Pneuac	(87) 3864-3111
SÃO LOURENÇO DA MATA	(81) 9643-1032
VITÓRIA DE SANTO ANTÃO	(81) 3181-3300

Fonte: <http://www.reciclanip.org.br/v3/pontos-coleta/brasil>

O desconhecimento a respeito da obrigação legal e, muitas vezes o reúso inadequado dos pneus inservíveis impedem a destinação ambientalmente adequada. Outro aspecto que pode ser melhorado para o aumento da eficiência da logística reversa dos pneus pós-consumo em Pernambuco é o incentivo à atuação colaborativa entre os pontos revendedores de pneus e o programa da Reciclanip, bem como a ação integrada entre os pontos revendedores, supermercados, oficinas automotivas e concessionárias para a gestão ambientalmente adequada dessa categoria de resíduos.



#### **7.4. Óleos lubrificantes**

Após a regulamentação da gestão das embalagens de agrotóxicos pós-consumo, iniciaram as discussões sobre a gestão dos óleos lubrificantes pós-consumo e respectivas embalagens para a destinação ambientalmente adequada.

Entre os anos de 2002 e 2003 as principais empresas distribuidoras de combustíveis e óleos lubrificantes se reuniram periodicamente no âmbito do Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Combustíveis e de Lubrificantes (SINDICOM), no Rio de Janeiro.

A proposta, naquela época, era discutir as definições do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) estabelecidas por meio da Resolução nº 9 de 1993, que endossa a definição de resíduo perigoso para o óleo lubrificante pós-consumo, conforme apresentado anteriormente pela norma ABNT NBR 10.004 de 2004. Essa resolução ainda define a necessidade de produção de óleos passíveis de reciclagem no país, bem como torna obrigatória a recolha e processamento dos óleos lubrificantes pós-consumo por meio do rerrefino, técnica de reciclagem para fins de reaproveitamento do óleo residual.

A partir da iniciativa do governo federal, foi elaborada a Resolução Conama nº 362 de 2005 (modificada pela Resolução Conama nº 450 de 2012), que revogou a resolução anterior e estabeleceu:

“Art. 1º Todo óleo lubrificante usado ou contaminado deverá ser recolhido, coletado e ter destinação final, de modo que não afete negativamente o meio ambiente e propicie a máxima recuperação dos constituintes nele contidos, na forma prevista nesta Resolução.”

Nesse processo, os produtores ou importadores do óleo são os responsáveis por sua coleta e destinação ambientalmente adequada, em função dos volumes comercializados no país. O IBAMA é o agente responsável pela fiscalização da logística reversa no segmento de óleos lubrificantes.

No estado de Pernambuco há, atualmente, apenas uma empresa licenciada estabelecida e responsável pela coleta e processamento de embalagens pós-consumo de óleo lubrificante. Essa empresa atua basicamente no recebimento e processamento das embalagens e encontra-se devidamente certificada pela Agência Estadual de Meio Ambiente do Estado de Pernambuco, a CPRH. Em função da frota atual circulante no estado, com apenas uma empresa licenciada, forma-se uma crescente demanda por prestadores de serviço que atuem na gestão de embalagens pós-consumo de óleo lubrificante.

No Brasil, o Programa Jogue Limpo, estabelecido desde 2005, tem atuação em 14 estados brasileiros e já permitiu a coleta de mais de 300 milhões de embalagens pós-consumo. Este programa consiste em um dos maiores e mais estruturados programas de logística reversa de embalagens do país. O sistema conta com 23 centrais de reciclagem espalhadas em diferentes estados. A partir da coleta, segregação e processamento das embalagens é possível o atendimento aos requisitos legais para a destinação ambientalmente adequada.

A expansão desse programa para a região Nordeste teve início no ano de 2014 e deve alcançar valores significativos de coleta a partir de 2015. Até o momento, o estado de Alagoas tem representado o maior percentual de embalagens retornadas da região.

### 7.5. Lâmpadas

A gestão de lâmpadas pós-consumo é um dos segmentos mais complexos evidenciados na pesquisa. A inadequação das técnicas de descarte estão fortemente relacionadas ao desconhecimento das exigências legais, bem como os riscos relacionados à saúde.

De acordo com estudo realizado por Aucott et al (2004), as lâmpadas pós-consumo são responsáveis pela liberação de vapor de mercúrio na atmosfera após sua quebra (Figura 11). Desta forma, deve-se evitar a quebra e, caso ela ocorra, deve-se evitar a permanência no ambiente por tempo prolongado, realizando a imediata retirada do material.

Figura 11. Liberação de vapor de mercúrio por lâmpadas fluorescentes quebradas.

**Em 8 horas (30%)**

**Em duas semanas (60%)**



Fonte: Aucott et al, 2004.

Além das coletas de resíduos tecnológicos por meio de campanhas e ações desenvolvidas em empresas na RMR, não há um programa continuado para a informação e a gestão dessa categoria de resíduos pós-consumo. Desta forma, empresas especializadas e licenciadas pelo órgão ambiental devem atuar mediante a contratação dos serviços.

## 7.6. Resíduos eletroeletrônicos

Conforme dados divulgados no relatório contratado pelo Ministério de Desenvolvimento da Indústria e Comércio Exterior (MDIC) (Inventta, 2012), verifica-se uma relação entre a *renda per capita* e a geração de REEE para diferentes países. Em outras palavras, quanto maior o poder aquisitivo, maior o consumo e, conseqüentemente, o descarte desses produtos.

Tabela 6. Renda *per capita* e geração de REEE.

País	PIB (US\$/habitante)	Geração WEEE (kg/habitante)
Dinamarca	34.600	23,2
Finlândia	30.900	23,0
Alemanha	30.400	14,6
Reino Unido	30.300	29,4
França	29.900	24,0
Suécia	29.800	23,9
Estônia	16.700	8,2
Hungria	16.300	11,4
Lituânia	13.700	6,3
Polônia	13.300	8,4
Bulgária	9.600	5,7
Brasil (mínimo 2011)	11.900	4,8
Brasil (máximo 2016)	11.900	7,2

Fonte: Inventta, 2012.

Esta mesma fonte informa que o brasileiro gera 4,8 kg de REEE por ano e com uma tendência de crescimento, podendo chegar a 7,2 kg por habitante em 2016. Como a RMR apresenta cerca de 3,5 milhões de

habitantes, estima-se que sejam gerados anualmente 16,8 milhões de toneladas (INVENTTA, 2012).

Há uma previsão de crescimento acentuado da geração de resíduos eletroeletrônicos no país, em razão do aumento do consumo. De acordo com dados do relatório Inventta (2012), esse crescimento ocorre em função da melhoria do poder aquisitivo das classes sociais. Um aspecto que deriva do aumentado consumo é o descarte dos resíduos que, na maior parte das vezes não ocorre em conformidade com as exigências legais ou segundo critérios de sustentabilidade.

Figura 12. Unidades recicladoras de REEE no Brasil.



Fonte: Inventta, 2012.

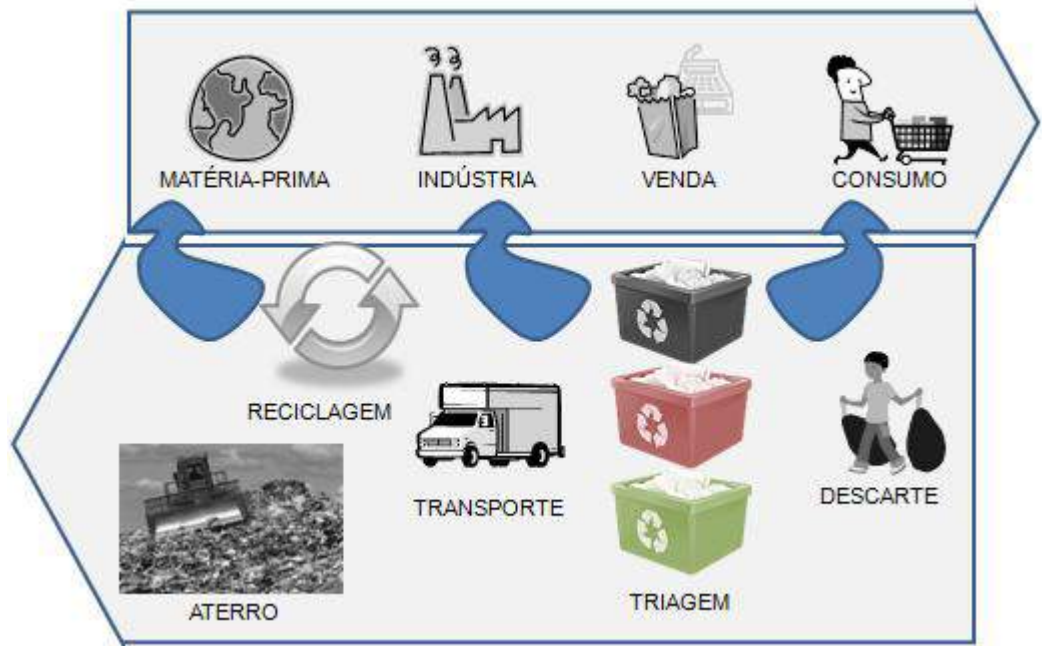
No entanto, conforme apresentado na Figura 12, ainda são poucos os estados contemplados com unidades de reciclagem de eletrônicos no país. De fato, apenas duas empresas localizadas no estado de São Paulo são responsáveis pela recuperação de metais nobres de placas de circuito impresso (PCI), a atividade mais rentável na logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos.

Enquanto equipamentos como monitores CRT, cartuchos e lâmpadas fluorescentes demandam a descontaminação e, por isso, resultam em custos para a reciclagem, os demais componentes são passíveis de retorno financeiro, como é o caso das PCI, plásticos e metais oriundos de REEE.

Desta forma, em razão do significativo consumo e descarte de REEE no Brasil, evidencia-se uma considerável demanda por tecnologias em escala industrial para o processamento de resíduos perigosos, bem como para a obtenção de metais nobres a partir dos resíduos tecnológicos. Tais tecnologias encontram-se em fase de pesquisa e em escala piloto nas principais universidades brasileiras e com potencial para emprego em larga escala em um futuro próximo (BERTUOL et al, 2009; YAMANE et al, 2011).

Diante do exposto, é proposto um esquema ilustrativo da gestão de REEE no país (Figura 13).

Figura 13. Esquema da logística reversa de REEE.



Apesar de apresentar de forma simplificada as principais atividades do ciclo de vida de produtos e materiais pós-consumo da cadeia dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, o esquema permite a visualização da correlação entre as ações.

Percebe-se, por meio da Figura 13, que o consumidor é o principal responsável pelo retorno dos produtos e materiais após o final da sua vida útil, bem como o potencial de retorno de diferentes etapas da cadeia. O reuso pode acontecer a partir da etapa de triagem, enquanto a indústria pode se beneficiar do retorno de materiais, partes ou peças após o processamento. Evidencia-se ainda que o aterro é a disposição final, ou seja, recebe apenas os rejeitos desse processo.



do pátio do MIT.  
Foto: Lúcia Xavier.

## 8. Inovação e sustentabilidade

Como critérios de sustentabilidade e inovação foram avaliadas boas práticas na gestão de REEE.

A empresa T Gestiona, localizada em Jaboatão dos Guararapes tem atuado com ações como subsídio à consolidação da rede reversa de eletrônicos na RMR (Figura 14).

Figura 14. Unidade de gerenciamento de REEE da empresa Tgestiona.



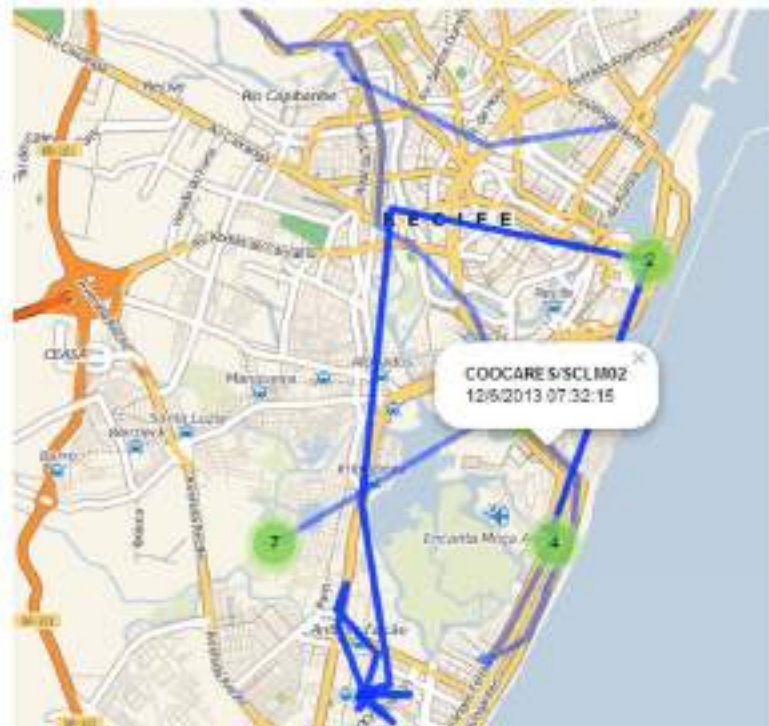
Foto: T Gestiona, 2013.

Como resultado preliminar da pesquisa, foi possível a identificação das principais rotas percorridas por catadores na região central do Recife. A partir do mapeamento das rotas percorridas foi possível identificar pontos



de ineficiência e, por isso, uma das metas para a próxima etapa da pesquisa é uma análise aprofundada desse cenário e outras rotas a serem analisadas, bem como proposição de ações para otimização do processo (Figura 15).

Figura 15. Localização e roteamento dos pontos de coleta por catadores.



Como resultados dessa etapa inicial foram promovidos dois workshops para discussão das temáticas principais. As figuras a seguir ilustram esses momentos. Em cada evento houve a participação, em média, de 30 pessoas (Figuras 16 e 17).

Figura 16. I Workshop sobre Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos.



Figura 17. II Workshop sobre Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos



Nos workshops foram apresentados e discutidos os resultados da pesquisa. Por meio da integração das equipes foi possível a adequação do sistema de gestão dos REEE de forma a compatibilizar necessidades legais, sociais, ambientais e econômicas.

No primeiro semestre de 2014 a equipe brasileira desenvolveu o mecanismo de integração da balança digital, localizada na cooperativa Pró-Recife, com o equipamento de rastreamento e a base de dados disponível em um computador, como forma de possibilitar o acesso local e remoto para a gestão dos REEE. O protótipo desse sistema foi lançado e testado na Campus Party Recife em julho de 2014 (Figura 18 e 19).

Figura 18. Lançamento do protótipo do sistema informatizado para a gestão de resíduos – Campus Party Recife 2014.



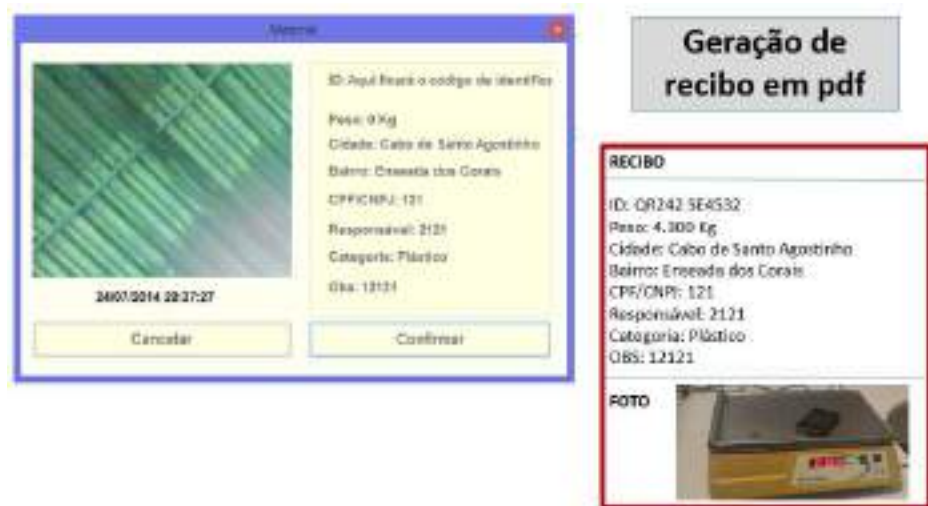
Figura 19. Tela demonstrativa do sistema proposto.

The screenshot displays a web-based interface for material identification. It features three main panels:

- QR Code:** A large QR code is centered on a green background. To its left, there are control buttons: 'Retornar', 'Logoff', and 'Device running...'. Below this panel is the 'Imagem de Material' section, which shows a photograph of a yellow digital scale with a smartphone placed on its platform. This section also has control buttons: 'Retornar', 'MJPEG', and 'Device running...'. To the right of the image is the 'Informações' form.
- Informações:** A form with the following fields:
  - ID:
  - Peso:
  - Cidade:
  - Bairro:
  - CPF/CNPJ:
  - Responsável:
  - Categoria:
  - Obs.:
- Buttons:** A large 'Iniciar Leitura' button is located at the bottom right of the interface.

Conforme apresentado na Figura 19, o sistema possibilitou a identificação do material descartado por meio de uma etiqueta de identificação única (no caso QR-Code), bem como a imagem com a indicação do peso. O sistema permite o registro da imagem e peso de forma automática, com vistas a possibilitar o monitoramento e confiabilidade das informações coletadas.

Figura 20. Geração de recibo no momento da confirmação no sistema.



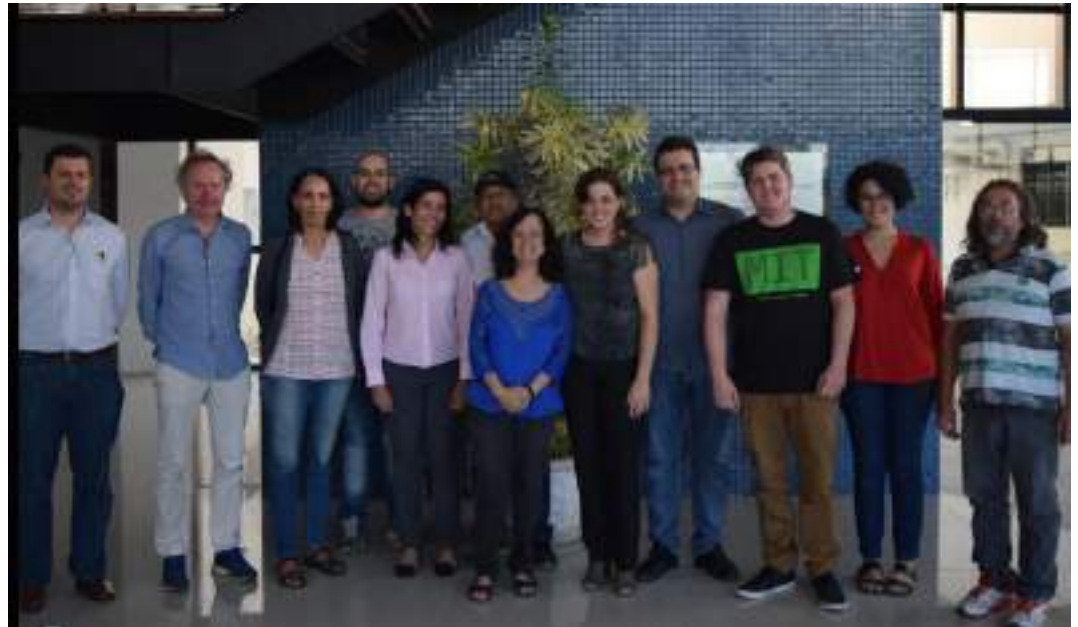
O sistema possibilita ainda a identificação do consumidor que está doando o REEE por meio do fornecimento de CPF ou CNPJ e com a geração do recibo (Figura 20). O recibo é encaminhado por email para o doador que tem a opção de confirmar o descarte do produto.

Figura 21. IV Workshop sobre Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos.



Os resultados apresentados nesse relatório foram apresentados e discutidos no IV eV Workshop realizados em junho e novembro de 2014, respectivamente (Figura 22).

Figura 22. V Workshop sobre Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos.



A compatibilização de perspectivas de inovação e os critérios de sustentabilidade nem sempre ocorre de modo contínuo e colaborativo. De acordo com Brook e Pagnanelli (2014), pouca atenção tem sido direcionada no sentido de se buscar a integração da sustentabilidade na inovação no âmbito do processo decisório. Esses autores destacam ainda a ausência de literatura acadêmica no sentido de prover ferramentas para a avaliação de desempenho considerando-se ainda a fase de desenvolvimento de projetos (FRY, 2011) e produtos segundo os critérios de sustentabilidade já conhecidos de forma a equilibrar os benefícios econômicos, ambientais e sociais.

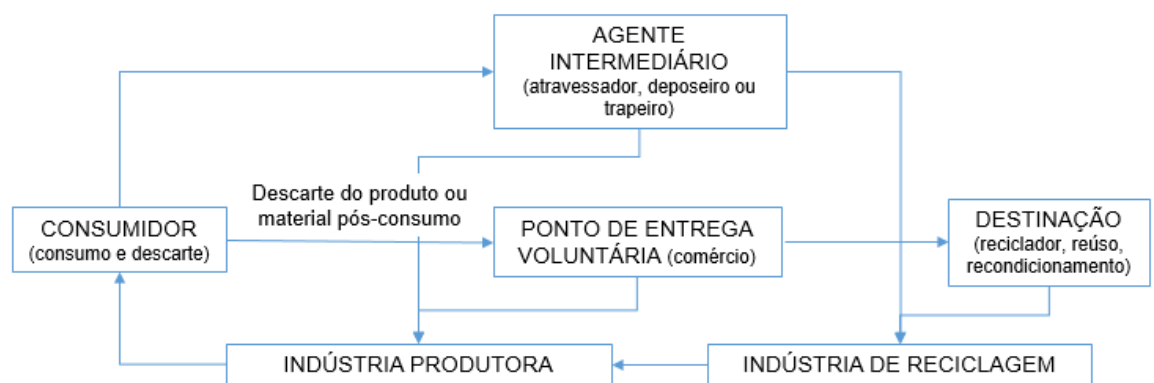
Por outro lado, Berkhout e Green (2002) já apontavam uma escassez de trabalhos acadêmicos abordando aspectos da inovação e sustentabilidade. Esses autores ainda enfatizam a abordagem de Tecnologias Sociais e Tecnologias Ambientais de forma separada sem considerar, portanto, o tripé da sustentabilidade.

### 8.1. Distribuição espacial dos agentes da logística reversa

A partir das considerações destacadas na pesquisa é apresentado o mapa da Região Metropolitana do Recife, a partir do qual é possível se observar a área predominante de abrangência do gerenciamento de resíduos de equipamentos tecnológicos.

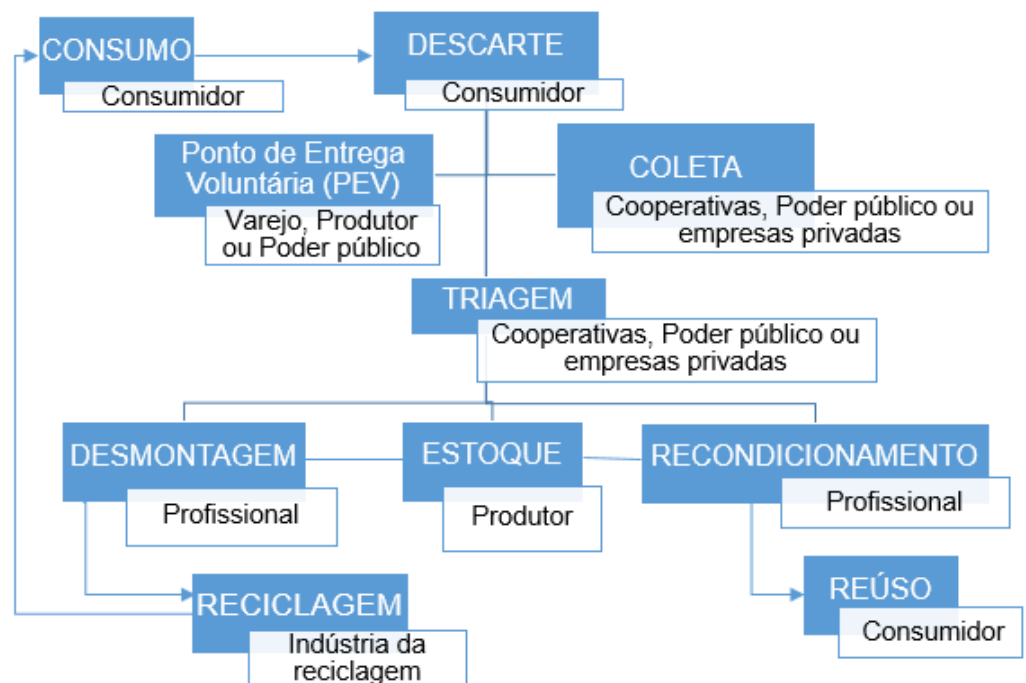
A Figura 23 propõe um modelo geral da gestão de resíduos na RMR. Nesse esquema encontram-se identificados os principais agentes que participam do sistema de logística reversa nessa área. O esquema busca evidenciar o percurso da gestão de resíduos desde o descarte até a destinação ambientalmente adequada e a corresponsabilidade entre os agentes envolvidos.

Figura 23. Esquema geral da logística reversa na RMR.



A partir do conceito de Ecologia Industrial, apresentado anteriormente nesse relatório (vide Figura 1) e o esquema geral da logística reversa de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos na RMR (Figura 23), propõe-se a esquematização do fluxograma do SLR para a gestão dos resíduos tecnológicos para a mesma região, conforme exposto a seguir:

Figura 24. Fluxograma do Sistema de Logística Reversa de REEE na Região Metropolitana do Recife.



A partir da pesquisa de campo, foi possível ainda a identificação da área de predominância de pontos de coleta, empresas recicladoras, associações e cooperativas, bem como ações promovidas para a coleta e beneficiamento de resíduos tecnológicos. Nessa área estão compreendidos os seguintes municípios: Jaboatão dos Guararapes, Recife, Camaragibe, Paulista, Abreu e Lima, Cabo de Santo Agostinho e Olinda (Figura 25).





Municípios como Vitória de Santo Antão e Belo Jardim, apesar de não comporem a RMR, também apresentam ações relacionadas ao gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos e serão analisados na segunda etapa desse projeto.

## **8.2. Cenários para a gestão da logística reversa**

Com base nas evidências de campo, proposição dos atores envolvidos na cadeia reversa e conforme o referencial bibliográfico analisado e discutido foram propostas linhas de ação a partir de cenários hipotéticos. Os cenários foram propostos com base nas evidências de campo e foram avaliados segundo critérios da regulamentação ambiental e da prática operacional em vigor.

A seguir são apresentados os cenários para o gerenciamento do resíduo tecnológico na RMR e as respectivas avaliações:

1. Entrega e pagamento
2. Entrega sem pagamento
3. Entrega e ressarcimento
4. Retirada em domicílio com custo
5. Retirada em domicílio sem custo
6. Retirada em domicílio com ressarcimento

Tais cenários representam possibilidades para a gestão dos resíduos tecnológicos segundo a combinação de ações baseadas nos critérios legais, ações colaborativas, responsabilidade e sustentabilidade ambiental.



## 9. Considerações finais

---

O processo decisório relacionado à gestão ambiental de resíduos permeia questões relativas ao saneamento, heranças socioculturais, condição econômica da população, nível de educação, bem como os impactos ambientais, sociais e econômicos decorrentes de diferentes interações. Por estes motivos, não existe um modelo único para a gestão de resíduos sólidos em um país, ainda mais em países com dimensões continentais como o Brasil. O que se observa na prática é que cada localidade busca desenvolver propostas que atendam suas necessidades e estejam em conformidade com a realidade local e requisitos legais.

As diversidades devem ser respeitadas e as potencialidades exploradas, com vistas a atender as necessidades que se apresentam, de forma viável e sustentável, sem comprometer outras regiões/localidades, ou as populações futuras.

Com base no conceito da sustentabilidade ambiental e segundo os requisitos legais e normativos, é possível a construção de cenários para o desenvolvimento de políticas públicas e ações para apresentação de soluções para os resíduos também nos segmentos de infraestrutura e gestão. A partir dessa metodologia, contribuições propositivas podem ser amplamente questionadas e validadas antes mesmo de sua implementação, buscando reduzir, dessa forma, o nível de incerteza no processo decisório (tanto por parte dos gestores, quanto da própria comunidade impactada) por meio do planejamento.

Em um recorte da questão dos resíduos sólidos, a gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), uma questão predominantemente urbana, tem ganhado relevância nos últimos anos em todo o mundo. Enquanto na Comunidade Europeia, ainda no início dos

anos 1990, a tônica da discussão remetia aos impactos do chumbo na saúde humana, o que resultou no banimento desse elemento na produção de equipamentos eletroeletrônicos; no Brasil, as discussões apontam ainda para o papel dos catadores nessa cadeia e, conseqüentemente, na renda e nos empregos gerados a partir da gestão desses materiais.

Estudos futuros podem considerar aspectos relacionados à gestão financeira, contábil, fluxos logísticos e ainda à ecoeficiência dos processos, considerando-se o cenário atual e a proposição apresentada. Estudos semelhantes em outras cooperativas podem ainda formar uma base de comparação para evidenciar possíveis pontos a serem trabalhados em políticas públicas que considerem uma estrutura mínima para à gestão das associações e cooperativas de materiais recicláveis.

Por fim, os workshops realizados mostraram-se de grande relevância no sentido de promover discussões e aprofundamento dos principais debates relacionados à temática do projeto de pesquisa. Desta forma, na segunda etapa da pesquisa serão realizados novos workshops, tendo-se como objetivo a consolidação das informações trabalhadas em publicações, na culminância do projeto.

### **9.1. Colaboração entre as equipes**

A colaboração entre as equipes que integram a pesquisa se deu desde a elaboração da proposta, tendo continuidade na definição da bibliografia de pesquisa, escopo da pesquisa de campo e consecução do relatório parcial. A seguir, são detalhadas as atividades desenvolvidas em colaboração ao longo do primeiro ano do projeto.

Na missão de pesquisa realizada em junho de 2013 e junho de 2014, com a vinda dos pesquisadores do MIT, foi possível a aplicação de questionários e coleta de evidências por meio do registro fotográfico na visita das cooperativas de catadores Coopagres e Coocares (em Abreu e

Lima) e Verde é Nossa Vida e Pró-Recife (no bairro da Imbiribeira em Recife). Também foram visitadas as unidades da Emlurb e a Diretoria de Limpeza Urbana de Olinda. Foi realizado o estudo do protótipo de um sistema informatizado para a rastreabilidade dos resíduos a partir da coleta pelos catadores. Os resultados preliminares são evidenciados nas Figuras 19 e 20 desse relatório. Como resultados foram levantadas as necessidades de melhoria no sistema, bem como seu potencial de aplicação na RMR.

Na missão de pesquisa realizada entre os dias 29 de julho a 10 de agosto, com a ida da equipe brasileira aos Estados Unidos, houve a visita às instalações do SENSEAble City Lab e reprogramação da agenda, visita às empresas de processamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, análise de temas para publicação de artigos. Juntamente com a equipe do MIT foram analisados editais conjuntos para submissão de projetos de pesquisa análogos e realizada a organização da agenda do workshop do dia 8 de agosto. Foi proposta e realizada a discussão conceitual sobre a segunda fase do projeto com foco na classificação dos tipos de parceria estabelecidos entre os agentes da cadeia de logística reversa, com base na literatura e nas observações de campo, bem como aprofundamento da coleta de informações sobre a interação entre os agentes. Foi realizada visita coordenada à empresa MetechRecycling, responsável pela gestão dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos da cidade de Boston, com vistas à coleta de boas práticas e casos práticos para a construção de estudos de caso. No dia 8 de agosto foi realizado workshop sobre gestão de resíduos eletroeletrônicos com a participação de docentes e pesquisadores do MIT, bem como representantes da Organização Internacional do Trabalho (ILO) e cooperativas locais de catadores locais. Tivemos a oportunidade de participar de reunião com a pesquisadora Patrícia Whiting, ex-funcionária da Agência Ambiental Americana (EPA) e atual gestora de projetos sobre capacitação e gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos na empresa

SIMS, uma das pioneiras na gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

Na segunda missão de pesquisa, realizada entre os dias 2 e 10 de outubro de 2014 foi possível a visita aos laboratórios D-Lab e Co-Lab, que realizam pesquisas colaborativas com países em desenvolvimento e focadas em sustentabilidade e aspectos socioambientais. A partir dessas visitas foi possível identificar o potencial de aplicabilidade da pesquisa realizada por meio desse projeto de pesquisa.

Nessa missão de pesquisa ainda foram realizadas duas reuniões com a equipe do Misti, bem como um seminário final com a apresentação dos resultados finais da pesquisa. A discussão realizada permitiu tanto a divulgação da proposta para os pesquisadores presentes, bem como a proposição de estudos futuros a partir dos resultados apresentados.

Além das atividades descritas nas missões de pesquisa, foram realizadas, em média, 1 (uma) reunião semanal por meio de audio ou vídeoconferência. Nessas reuniões eram alinhadas as ações desenvolvidas por cada equipe e discutidos os resultados alcançados.

## 10. Propostas de intervenção para a logística reversa na RMR

---

Conforme mencionado anteriormente, foram realizados 5 workshops abertos ao público com o objetivo de apresentação e discussão dos resultados preliminares obtidos ao longo da pesquisa. Tal metodologia possibilitou o enriquecimento dos objetivos da pesquisa, bem como o seu redirecionamento e aprimoramento a partir das questões que foram alvo da discussão.

Dentre os aspectos pró-ativos da gestão de REEE na RMR verificados ao longo do desenvolvimento da pesquisa, pode-se destacar:

- elaboração e implementação da Política Estadual de Resíduos Sólidos com suporte por meio de leis e decretos específicos para resíduos perigosos;
- articulação entre os gestores públicos e a sociedade por meio de reuniões, seminários, fóruns e ampla discussão;
- realização de audiências públicas para a discussão de assuntos relacionados à gestão de resíduos sólidos na região;
- desenvolvimento de campanhas de coleta de resíduos especiais;
- campanhas de conscientização.

No entanto, tais ações ainda necessitam de manutenção ao longo do tempo ou suporte por meio de outras ações para continuidade e aprimoramento.



Desta forma, apartir dos resultados evidenciados por meio da pesquisa **“Inovação e Sustentabilidade na Gestão de Resíduos Sólidos: perspectivas da aplicação da Política Nacional de Resíduos Sólidos na Região Metropolitana do Recife”** foi possível a apresentação de algumas ações de intervenção para o estabelecimento ou a otimização da logística reversa no âmbito da Região Metropolitana do Recife, conforme apresentado a seguir:

- a) Estabelecimento dos procedimentos para manuseio, transporte e desmontagem de REEE de forma segura;
- b) Realização de capacitações sobre os riscos envolvidos na logística reversa de REEE;
- c) Elaboração de conteúdo para informação sobre a gestão de REEE;
- d) Desenvolvimento de base de dados para atendimento aos requisitos do Sistema Nacional de Informações sobre Resíduos (Sinir);
- e) Monitoramento das ações em atendimento aos requisitos legais;
- f) Estabelecimento de pontos de coleta e áreas de processamento (triagem e desmontagem) em colaboração com a gestão pública (município e estado) e iniciativa privada (empresas produtoras, importadoras, revendedores e distribuidoras);
- g) Expansão das ações para os municípios localizados no extremo Norte e extremo Sul da RMR, bem como ampliação das ações para demais municípios do estado.

Tais ações propostas são produto dos resultados da pesquisa e passíveis de serem viabilizadas por parte do governo, da sociedade civil, das instituições públicas e privadas enquanto agentes da logística reversa que agem em regime de corresponsabilidade.



## 11. Referências

---

- ABNT NBR 16.156 (2013). Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos – Requisitos para atividade de manufatura reversa. Pp.26.
- ALENCAR MCB, CARDOSO CCO, ANTUNES MC. (2009) Condições de trabalho e sintomas relacionados à saúde de catadores de materiais recicláveis em Curitiba. *Rev. Ter.Ocup. Univ. São Paulo*. 20, 1:36-42.
- ANDRADE-LIMA, H., Gestão dos recursos e impactos socioambientais no ciclo de vida dos Equipamentos Eletroeletrônicos (EEE). Monografia apresentada no Centro de Ciências Biológicas na Universidade Federal de Pernambuco. Pp. 80.
- AUCOTT, M., McLINDEN, M., WINKA, M., 2004. Release of Mercury from broken fluorescent bulbs. Research Project Summary. Environmental Assessment and Risk Analysis Element. Disponível em: <http://www.state.nj.us/dep/dsr/research/mercury-bulbs.pdf>.
- BARBA-GUTIÉRREZ, Y., ADENSO-DIAZ, B., E GUPTA, S.M. Lot sizing in reverse MRP for scheduling disassembly. *International Journal of Production Economics*, vol. 111, n. 2, 2008, pp. 741-751.
- BERKHOUT, F.; GREEN, K. (2002). Managing innovation for sustainability: the challenge of integration and scale. *International Journal of Innovation Management*, v. 6, n. 3, p. 227-232.
- BERTUOL, D.A., BERNARDES, A.M., TENÓRIO, J.A.S. (2009) Spent NiMH batteries – The role of selective precipitation in the recovery of valuable metals. *Journal of Power Sources*. 193 (2): 914-923.
- BORCHARDT, M., POLTOSI, L.A.C., SELITTO, M.A., PEREIRA, G.M., (2008). Considerações sobre ecodesign: um estudo de caso na indústria eletrônica automotiva. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/asoc/v11n2/v11n2a09>. Acesso em dezembro de 2014.
- BRASIL, 2010a. Lei nº 12.305 de 2010. Estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2010/lei/12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/12305.htm) Acesso em dezembro de 2010.
- BRASIL, 2010b. Decreto nº 7.404 de 2010. Regulamenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm). Acesso em dezembro de 2010.
- BROOK, J.W., PAGNANELLI, F. Integrating sustainability into innovation project portfolio management – A strategic perspective. *Journal of Engineering and Technology Management, In Press, Corrected Proof, Available online 9 January 2014*.
- CANTOS, C., MIRANDA, Z.A.I., LICCO, E.A. (2008). CONTRIBUIÇÕES PARA A GESTÃO DAS EMBALAGENS VAZIAS DE AGROTÓXICOS. *Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente - INTERFACEHS - v.3, n.2, Seção Interfacehs*. Disponível em: <http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/wp-content/uploads/2013/07/inter-1-2008-2.pdf>

CONAMA, 1993. Resolução nº 9 de 1993. [http://www.mpba.mp.br/atuacao/ceama/material/legislacoes/residuos/resolucao\\_conama\\_9\\_93.pdf](http://www.mpba.mp.br/atuacao/ceama/material/legislacoes/residuos/resolucao_conama_9_93.pdf)

CONAMA, 2005. Resolução Conama nº 362 de 2005. [http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/6ACA4025/Manual\\_orientacao.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/6ACA4025/Manual_orientacao.pdf)

CONAMA, 2012. Resolução Conama nº 450 de 2012. <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=674>

DE BRITTO, M. P. (2004) Managing reverse logistics or reversing logistics management? Econometric Institute Report. Rotterdam, Erasmus University Rotterdam.

DEKKER, R., FLEISHMANN, M., INDERFURTH, K., VAN WASSENHOVE, L.N. (2010) Reverse Logistics: Quantitative Models for Closed-loop Supply Chains. Ed. Springer. pp. 436.

DENG, P.K.K. LOUIE, W.K. LIU, X.H. BI, J.M. FU AND M.H. WONG, Atmospheric levels and cytotoxicity of PAHs and heavy metals in TSP and PM<sub>2.5</sub> at an electronic waste recycling site in southeast China, Atmos Environ. Vol. 40, p. 6945–6955, 2006.

DENG, W.J., ZHENG, J.S., BI, X.H., FU, J.M. E WONG, M.H. Distribution of PBDEs in air particles from an electronic waste recycling site compared with Guangzhou and Hong Kong, South China. Environ Int. Vol. 33, p. 1063–1069, 2007.

DIRETIVA EUROPEIA 2008/98/CE, de 19 de novembro de 2008. Disponível em: <eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:312:0003:0030:pt:PDF>. Acesso em: Dezembro de 2014.

DIRETIVA EUROPEIA 2011/65/UE, de 8 de junho de 2011. Disponível em: <eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:174:0088:0110:PT:PDF>. Acesso em: Dezembro de 2014.

DIRETIVA EUROPEIA 2012/19/UE, de 4 de julho de 2012. Disponível em: <eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:197:0038:0071:PT:PDF>. Acesso em: Dezembro de 2014.

ERKMAN, S. 1997. Industrial Ecology: A historical view. Journal of Cleaner Production, 5: 1-10.

FERNANDES, A.S., GAMA, A.M.C.F., RELVAS, F.C. (2014), Estudo de concepção do sistema metropolitano de resíduos sólidos da Região Metropolitana de Recife/PE/Brazil. ISWA. Anais.. Brasil.

FRY, T. (2011) Design as Politics. New York: Berg.

GONÇALVES-DIAS, S.L.F. (2009). Catadores: uma perspectiva de sua inserção no campo da indústria de reciclagem. Tese de doutorado apresentada ao PROCAM – USP.

GONZALES-TORRE, P., ADENSO-DIAZ, B.; ALVAREZ, M.J. *Logística inversa y medio ambiente*. Madrid: McGraw-Hill, 2004.

INVENTTA, 2012. Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos: Análise de Viabilidade Técnica e Econômica. Setembro de 2012. Disponível em: [http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl\\_1367253180.pdf](http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1367253180.pdf). Acesso em dezembro de 2014.

ITS (Instituto de Tecnologia Social). Reflexões sobre a construção do conceito de tecnologia social. In: DE PAULO, A. et al. *Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento*. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, 2004.

KEMP, V. H., CRIVELLARI, H. M. T. (org). (2008). *Catadores na cena urbana: construção de políticas socioambientais*. Belo Horizonte: Autentica Editora.

LEMOS, P. F. I. (2011). *Resíduos sólidos e responsabilidade pós-consumo*. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais.

LEUNG AOW, LUKSEMBURG WJ, WONG AS, WONG MH. (2007). Spatial distribution of polybrominated diphenyl ethers and polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in soil and combusted residue at Guiyu, an electronic waste recycling site in southeast China. *Environ Sci Technol*. v. 41, pp. 2730–7.

LIMA, G.O., SILVA, E.C.L.S., FERREIRA, A.C.A., GOMES, J.S., SILVA, A.L., LIMA, A.M., MAGALHÃES, K.M., implantação da coleta seletiva de pilhas e baterias no campus dois irmãos da UFRPE. XIII JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – JEPEX 2013 – UFRPE: Recife, 09 a 13 de dezembro de 2013. Disponível em: <http://www.eventosufrpe.com.br/2013/cd/resumos/R1615-1.pdf>

MMA (2010). MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Melhoria da Gestão ambiental urbana no Brasil*. BRA/OEA/08/001 - “Estimativa de custos operacionais e de investimentos para unidades de tratamento de resíduos sólidos com tecnologias não convencionais”. Brasília.

QUARIGUASI FROTA NETO, J.; WALTHER, G., BLOEMHOF, J. VAN NUNEN, J.A.E.E., SPENGLER, T. 2009. Disponível em: [http://peer.ccsd.cnrs.fr/docs/00/59/94/99/PDF/PEER\\_stage2\\_10.1080%252F00207540902906151.pdf](http://peer.ccsd.cnrs.fr/docs/00/59/94/99/PDF/PEER_stage2_10.1080%252F00207540902906151.pdf). Acessado em dezembro de 2013.

SANTOS, M. C. L. (2003). *Cidades de Plástico e de Papelão. O habitat informal dos moradores de rua em São Paulo, Los Angeles e Tóquio*. Tese de Livre Docência apresentada à FAUUSP. São Paulo.

SANTOS, MCL. (2000). *Vivendo das Sobras: a cultura do desemprego e o catador de papel*. In: Munoz, J. V. *O catador de Papel e o mundo do trabalho*. (Rio de Janeiro): Nova..

SARMENTO, W. *Crianças na lama*. *Jornal do Comércio*. Recife. Disponível em: <http://jconline.ne10.uol.com.br/canal/cidades/noticia/2013/11/06/fotos-e-materia-de-criancas-catando-lixo-no-canal-do-arruda-ganham-o-mundo-104349.php>. Acesso em dezembro de 2013.

SCHUMACHER, E. F. *O negócio é ser pequeno: um estudo de economia que leva em conta as pessoas*. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1979.

SEMBIRING, E. E NITIVATTANANON, V. Sustainable solid waste management toward an inclusive society: Integration of the informal sector. *Resources, Conservation and Recycling*. vol. 54, n. 11, 2010, pp. 802-809.

SEPÚLVEDA, A., SCHLUEP, M., RENAUD, F.G., STREICHER, M., KUEHR, R., HAGELÜKEN, C., GERECKE, A.C. A review of the environmental fate and effects of hazardous substances released from electrical and electronic equipments during recycling: examples from China and India. *Environmental Impact Assessment Review*, vol. 30, n.1, p. 28–41, 2010.

SNIS, 2012. Diagnóstico do Manejo do Resíduos Sólidos Urbanos 2012. Disponível em: [www.snis.gov.br](http://www.snis.gov.br) Acesso em dezembro de 2014.

SNIS, 2012. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Disponível em: [www.snis.gov.br](http://www.snis.gov.br). Acesso em março de 2013.

SNIS, 2012. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Disponível em: [www.snis.gov.br](http://www.snis.gov.br). Acesso em março de 2013.

THIOLLENT, M. Metodologia da Pesquisa-ação (14ªed.) São Paulo: Editora Cortez, 2005.

UUSITALO, L. (2005) Consumer as citizens: three approaches to collective consumer problems. In: GRUNERT, K. G. and Thorgensen, J. Consumers, Policy and Environment: a tribute to Folke Ölander. New York: Springer, p.127-150.

WONG CSC, DUZGOREN-AYDIN NS, AYDIN A, WONG MH. (2007) Evidence of excessive releases of metals from primitive e-waste processing in Guiyu, China. *Environ Pollut.* V. 148, pp. 62–72.

YAMANE, L.H., MORAES, V.T., ESPINOSA, D.C.R., TENÓRIO, J.A.S. (2011) Recycling of WEEE: Characterization of spent printed circuit boards from mobile phones and computers. *Waste Management*, v. 31, 12, pp. 2553-2558.

XAVIER, L. H.; VALLE, R. A. B. CANEN, A.G. Logística e a Gestão Ambiental: convergência para o sucesso organizacional. In: SIMPOI, São Paulo. VII Simpósio de administração da produção, logística e operações internacionais. São Paulo SP: FGV/EAESP, 2004.

XAVIER, L.H., CORRÊA, H.L. (2013) Sistemas de Logística Reversa: Criando cadeias de suprimentos sustentáveis. Ed. Atlas. São Paulo. 280p.

XAVIER, L.H., CARVALHO, T.C.M.B. (2014). Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos: uma abordagem prática para a sustentabilidade. Ed. Elsevier. 240p.

XAVIER, L.H., VIEIRA, R., MEDEIROS, R.P., SOARES, A.C.D., MARTINS, A.D., SILVEIRA, M., FERREIRA, P. (2014a). Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos: Guia prático para a sustentabilidade. Ed. Massangana. Recife. 35p. Disponível em: [https://dl.dropboxusercontent.com/u/883454/ebookREEE\\_2014\\_pt-final.pdf](https://dl.dropboxusercontent.com/u/883454/ebookREEE_2014_pt-final.pdf). Acesso em dezembro de 2014.

XAVIER, L.H., VIEIRA, R., MEDEIROS, R.P., SOARES, A.C.D., CARDOSO, J., PESSOA, R. (2014b). Proposição de rearranjo físico para a cooperativa pró-recife. ENCONTRO NACIONAL “CONHECIMENTO E TECNOLOGIA: INCLUSÃO SOCIOECONÔMICA DE CATADORES(AS) DE MATERIAIS RECICLÁVEIS”. Brasília, 2014.

## 12. Trabalhos publicados

---

1. XAVIER, L.H., BELTRAMINI, H., LIMA, H. A. Aspectos da logística reversa de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos In: X CNEG - Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2014, Rio de Janeiro. X CNEG - Congresso Nacional de Excelência em Gestão. , 2014.
2. XAVIER, L.H., MEDEIROS, R. P., JUCA, J. F. T., LEE, D., OFFENHUBER, D. ELECTRONIC WASTE MANAGEMENT IN THE PUBLIC SECTOR In: ISWA 2014, São Paulo. ISWA. , 2014.
3. XAVIER, L.H., RATTI, C., LEE, D., OFFENHUBER, D., DINIZ, A., MEDEIROS, R. P. Environmental Information System for Waste Electrical Electronic Equipment (WEEE) Management: Case Study of Pernambuco (Brazil) In: ENVIROINFO 2014, 2014, Oldenburg. ENVIROINFO 2014. , 2014.
4. XAVIER, L.H., FOSTINONE, L., SILVA, R.V., SOARES, A.D., CAJUEIRO, J.P.C., OFFENHUBER, D., LEE, D. INNOVATION AND SUSTAINABILITY ELECTRONIC WASTE MANAGEMENT IN RECIFE (BRAZIL) In: ISWA 2014, São Paulo. ISWA. , 2014.
5. CAIADO, N., GUARNIERI, P., CHAVES, G. L. D., XAVIER, L.H. THE BRAZILIAN MARKET OF REVERSE LOGISTIC CREDITS (CDA) INITIATIVE: A PRELIMINARY APPROACH In: ISWA 2014, São Paulo. ISWA. , 2014.
6. VITORINO, K., JUCA, J. F. T., XAVIER, L.H. GESTÃO DE RESÍDUOS E COPRODUTOS NA CADEIA DE PRODUÇÃO DE ÓLEOS VEGETAIS A LOGÍSTICA REVERSA COMO ALTERNATIVA PARA A TORTA RESIDUAL In: 5to Congreso Interamericano de Resíduos Sólidos, Lima - Peru. 5to Congreso Interamericano de Resíduos Sólidos. , 2013.
7. XAVIER, L.H., VIEIRA, R., MEDEIROS, R.P., SOARES, A.C.D., MARTINS, A.D., SILVEIRA, M., FERREIRA, P. (2014). Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos: Guia prático para a sustentabilidade. Ed. Massangana. Recife. 35p. Disponível em: [https://dl.dropboxusercontent.com/u/883454/ebookREEE\\_2014\\_pt-final.pdf](https://dl.dropboxusercontent.com/u/883454/ebookREEE_2014_pt-final.pdf). Acesso em dezembro de 2014.

## **Anexo I. Localização dos Centros de Recondicionamento de Computadores (CRC)**

### **Recife (PE)**

União Brasileira de Educação e Ensino (UBEE)/Centro Marista Circuito Jovem do Recife

Endereço: Avenida Recuperação, nº 318 - bairro Dois Irmãos

Telefones: (81) 3441-1428 e 3266-7316 (Telefax)

Site: <http://www.marista.edu.br/crcrecife>

E-mail: [crcrecife@marista.edu.br](mailto:crcrecife@marista.edu.br) ou [dfranca@marista.edu.br](mailto:dfranca@marista.edu.br)

### **Belo Horizonte (BH)**

Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte – Prodabel

Contato: [crc.bhdigital@pbh.gov.br](mailto:crc.bhdigital@pbh.gov.br)

Telefones: (31) 3277-6259 / 6033

### **Gama (DF)**

Associação de Apoio à Família, Grupo e à Comunidade (Afago-DF)

Endereço: Setor Industrial Leste, Quadra 06, Lotes 20, 40, 60 e 80

Telefone: (61) 3484-5691 / (61) 3484-8918

Sítio: <http://www.crcgamadf.org.br>

E-mail: [crc@crcgamadf.org.br](mailto:crc@crcgamadf.org.br)

### **Curitiba (PR)**

Prefeitura de Curitiba

Telefones: (41) 3221-2920

### **João Pessoa (PB)**

Prefeitura de João Pessoa

Telefone: (83) 3214-5141

## Contatos

---



**Lúcia Helena Xavier**  
**Coordenadora**  
Tel + 55 81 3073 6586  
Fax + 55 81 3073 6494  
[lucia.xavier@fundaj.gov.br](mailto:lucia.xavier@fundaj.gov.br)



**Rosineide Vieira**  
**Pesquisadora**  
Tel + 55 81 3073 6586  
Fax + 55 81 3073 6494  
[rosineide.vieira@fundaj.gov.br](mailto:rosineide.vieira@fundaj.gov.br)



**Alexsandro Diniz**  
**Pesquisador**  
Tel + 55 81 3073 6465  
Fax + 55 81 3073 6494  
[alexsandro.diniz@fundaj.gov.br](mailto:alexsandro.diniz@fundaj.gov.br)



**João Paulo Cajueiro**  
**Pesquisador**  
Tel + 55 81 3073 6586  
Fax + 55 81 3073 6494  
[joaopaulocajueiro@ufpe.br](mailto:joaopaulocajueiro@ufpe.br)



**Rodrigo Medeiros**  
**Pesquisador**  
Tel +55 81 96180 665  
[rpm3@cin.ufpe.br](mailto:rpm3@cin.ufpe.br)



**Edna Barros**  
**Colaboradora**  
Tel + 55 81 3334 7211  
Fax + 55 81 3334 7200  
[edna.barros@cetene.gov.br](mailto:edna.barros@cetene.gov.br)



**Fernando Jucá**  
**Pesquisador**  
Tel + 55 81 2126.8222  
[jucah@ufpe.br](mailto:jucah@ufpe.br)



**Pyetro Ferreira**  
**Colaborador**  
Tel + 55 81 3334 7211  
Fax + 55 81 33347200  
[pyetro.ferreira@cetene.gov.br](mailto:pyetro.ferreira@cetene.gov.br)



**Lucia Melo**  
**Pesquisadora**  
Tel + 55 81 3073 6522  
Fax + 55 81 3073 6522  
[lucia.melo@fundaj.gov.br](mailto:lucia.melo@fundaj.gov.br)



**Maria Cireno Silveira**  
**Colaboradora**  
Tel + 55 81 3334 7211  
Fax + 55 81 33347200  
[maria.silveira@cetene.gov.br](mailto:maria.silveira@cetene.gov.br)



**Katharine Trajano**  
**Bolsista Pibic CNPq**  
Tel + 55 81 3073 6586  
Fax + 55 81 3073 6494  
[kath.trajano@gmail.com](mailto:kath.trajano@gmail.com)



**Leonardo Petty**  
**Bolsista Pibic CNPq**  
Tel + 55 81 3073 6586  
Tel + 55 81 86790803  
[leonardopetty4@hotmail.com](mailto:leonardopetty4@hotmail.com)

## Agradecimentos

---

A equipe da pesquisa agradece ao apoio concedido pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Pernambuco (Facepe) pelos recursos concedidos por meio do Programa APQ-2082-9.25/12, bem como ao CNPq que concedeu as bolsas Pibic.

## Fundação Joaquim Nabuco

---

Diretoria de Pesquisas Sociais – DIPES

Coordenação de Estudos Ambientais e da Amazônia - CGEA

Rua Dois Irmãos, 92 - Apipucos

Recife – PE - Brasil

Tel +55 81 3073 6494

[www.fundaj.gov.br](http://www.fundaj.gov.br)

