

**Modeling the generation of waste
electrical household appliances:
characterization of the home flow in the
city of Campos-RJ**

Autores:

Luiz Phillipe Mota Pessanha – UENF

Gudelia Morales - UENF

INTRODUÇÃO

- A gestão de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) ou lixo eletrônico (e-lixo ou *e-waste*) tem se tornado grande motivo de preocupação para as comunidades devido aos grandes volumes de resíduos gerados, a partir do consumo, no final do século XX.
- Esses REEE's correspondem aos equipamentos descartados por usuários e incluem os componentes, subconjuntos e materiais que fazem parte do produto no momento do descarte (TSYDENOVA e BENGTTSSON, 2011; RODRIGUES, 2012).

INTRODUÇÃO

- Em particular, o fluxo domiciliar tem características específicas, tais como geração difusa e a dificuldade de previsão do momento e de que forma os produtos serão descartados pelos consumidores.
- A falta de preocupação ambiental dos cidadãos e canais de reciclagem no município (em estudo), contribuiu para o descarte inadequado, demandando necessidade urgente de estabelecer um sistema de gerenciamento dos REEE que utilize processos de Logística Reversa.

OBJETIVOS

- Este trabalho busca caracterizar o fluxo de geração de REEE no município de Campos dos Goytacazes, uma cidade de médio porte localizada no norte do estado do Rio de Janeiro com uma população estimada em mais de 480 mil habitantes, distribuídos um total de 150 bairros, sendo a 6^a cidade mais populosa do estado (IBGE, 2016).
- Com os resultados, espera-se fornecer subsídios para implementação de um modelo de Logística Reversa para os REEE no município, podendo este ser pretendido como protótipo a ser adaptado a outras realidades do país.

CADEIA DE SUPRIMENTOS REVERSA E DE CICLO FECHADO

- Logística Reversa (LR) consiste em uma série de atividades necessárias para coletar um produto a partir do consumidor. Leite (2009) apresenta dois tipos de LR, a primeira chamada de LR de pós-consumo que se preocupa com o fluxo reverso de produtos descartados no fim da sua vida útil. Já a LR de pós-venda trata de produtos com pouco ou nenhum uso, que retornam, por exemplo, por problemas de qualidade.
- O fluxo reverso da cadeia de suprimentos acontece quando os produtos chegam ao final da sua vida útil, ou seja, no pós-consumo. Nesse ponto, se faz importante um sistema eficiente de LR.

CADEIA DE SUPRIMENTOS REVERSA E DE CICLO FECHADO

A figura 1 abaixo mostra uma cadeia de suprimentos reversa genérica.

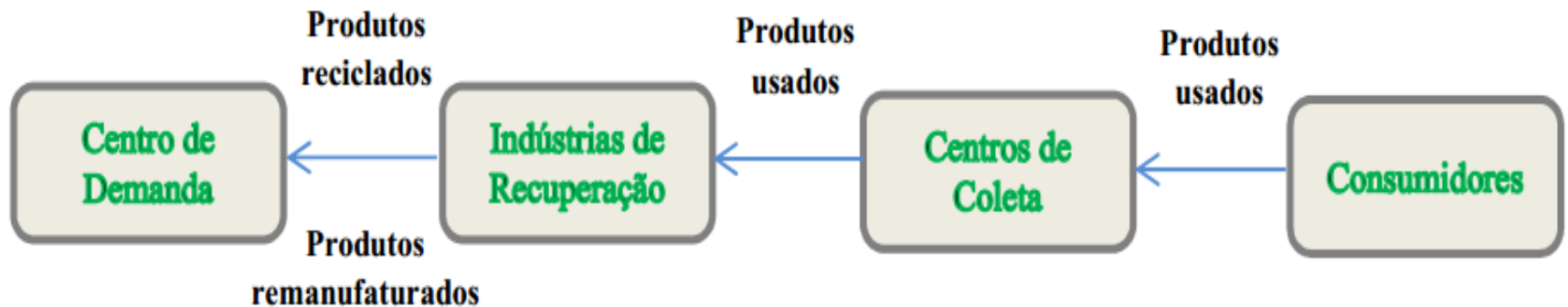


Figura 1 - Representação genérica de uma Cadeia ou Rede de Suprimentos Reversa.
Adaptado de Pochampally et. al (2009).

CADEIA DE SUPRIMENTOS REVERSA E DE CICLO FECHADO

- Para Pochampally, Nukala e Gupta (2009), a cadeia de suprimentos reversa envolve as operações de LR de pós-consumo afim de reprocessar produtos tanto para recuperar seu valor de mercado, quanto para descartá-los da maneira adequada.
- A combinação de cadeias de suprimentos direta e reversa é chamada de Cadeia de Suprimentos de Ciclo-fechado como é representada, genericamente, na Figura 2.

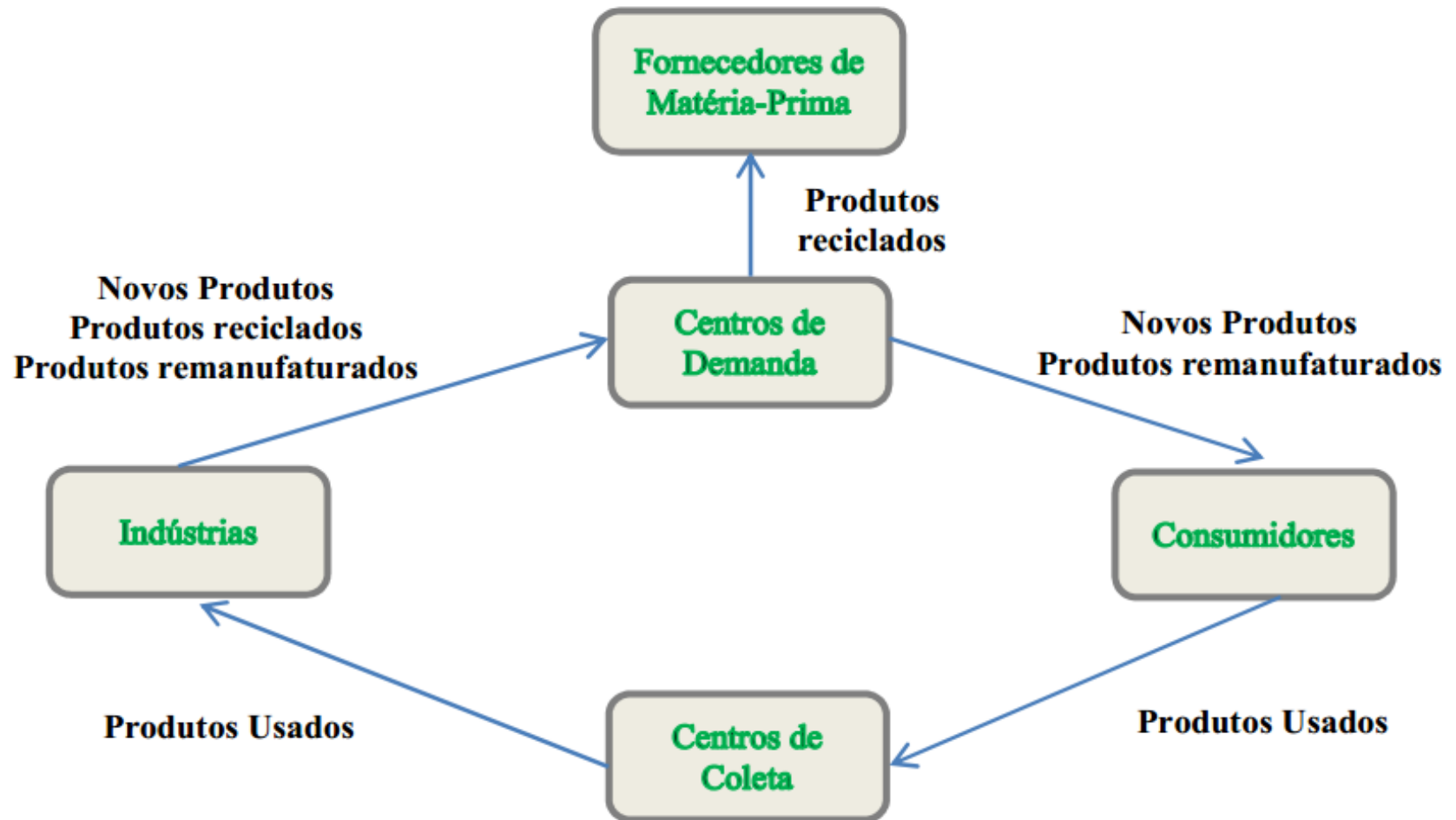


Figura 2 - Representação genérica de uma Cadeia ou Rede de Suprimentos de Ciclo-fechado. Adaptado de Pochampally et. al (2009).

Modelos para Estimativa de Geração de REEE

- Wang e colaboradores (2013) apresentam em seu trabalho um método avançado, flexível e multivariado de análise de entrada e saída, chamado IOA – *Input-Output Analysis*.
- Tal método considera relações matemáticas (modelo) entre três variáveis: **informações de vendas de produtos, estoque** compreendidos como ambientes onde o produto permanece até o fim da sua **vida útil**. A figura 3 ilustra a relação entre esses dados e variáveis.

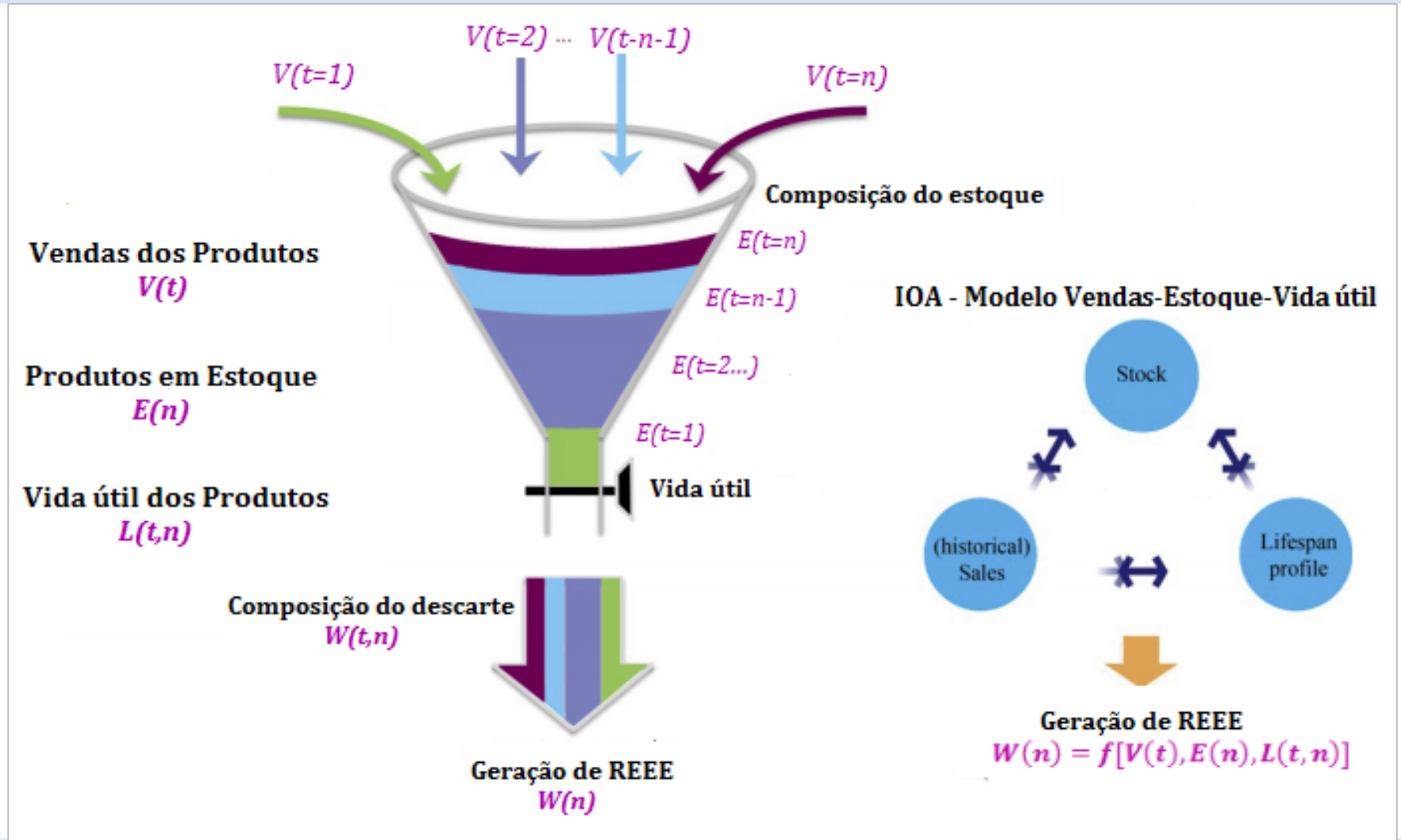


Figura 3 - Múltiplas variáveis e diferentes dados aplicadas no modelo de Vendas-Estoque-Vida útil. Adaptado de Wang et al. (2013).

Modelos para Estimativa de Geração de REEE

O Modelo de Filtragem (*leaching*) considera as variáveis estoque e a distribuição do tempo de vida (CHUNG et al., 2011; ARAÚJO et al., 2012, WANG, et al., 2013).

$$W(n) = S(n)/L^{(av.)}$$

No qual:

- $W(n)$ é a geração de lixo eletrônico na avaliação do ano n ;
- $S(n)$ é a quantidade de produtos em estoque no ano n ;
- $L^{(av.)}$ é tempo médio de vida que representa o tempo mais provável do produto se tornar obsoleto.

Modelos para Estimativa de Geração de REEE

- Em Rodrigues (2012) a estimativa de geração é feita utilizando um modelo uma proporção entre a quantidade de equipamentos descartados, o número de domicílios da cidade estudada (São Paulo) e o tamanho da amostra considerada na pesquisa. O modelo proposto utiliza informação da quantidade de EEE descartada e é equacionado como:

$$Q = \frac{q \times D}{395}$$

- Onde Q representa as unidades descartadas no município em estudo; q unidades descartadas na amostra pesquisada; D número de domicílios do município em estudo; e 395 domicílios que representou o tamanho da amostra.

METODOLOGIA

Pesquisa
Bibliográfica

Levantamento
dos dados

Estimativa do
potencial de
geração de
RÉEE

Fornecer informações
relevantes para
implantação de um
processo de descarte à
luz de um modelo de LR.

ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE GERAÇÃO

- Para estimar o potencial de geração, propõe-se um modelo inspirando-se no modelo de Filtragem e no modelo proposto por Rodrigues (2012), formulado como segue:

$$W(n) = \frac{E(n) \times P}{z}$$

- Em que $W(n)$ representa a geração de lixo eletrônico no ano n ; $E(n)$ é a quantidade média de produtos em estoque (em uso e/ou armazenado), por habitante, no ano n ; P representa a população do município em estudo e z o tamanho da amostra utilizada.

RESULTADOS

- Os resultados dessa pesquisa foram obtidos através da aplicação dos questionários no período de julho a dezembro de 2016. Dos questionários válidos, 14% representam os aplicados *online*.
- A partir da tabulação dos dados, foi possível construir a tabela 1 que mostra as características dos respondentes.

RESULTADOS – Características gerais

Tabela 2 – Características gerais dos respondentes

Escolaridade		Faixa Etária		Gênero
Não Lê ou escreve	0,6%	15 a 25 anos:	55,9%	Masculino: 42,8%
Ensino Básico	11,8%	26 a 35 anos:	24,8%	Feminino: 57,2%
Ensino Médio	37,6%	36 a 45 anos:	13,3%	
Superior	37,3%	46 a 55 anos:	5,4%	
Pós graduação	12,7%	Acima de 56 anos:	0,6%	

RESULTADOS – Opções para EEE fora de uso

- a opção mais considerada pelos consumidores, para os três produtos, é a de guardar o equipamento por não saber o que fazer.
 - 43,3% para celulares;
 - 29,3% para computadores;
 - 38,4% para *tablets*.
- 96,9% dos respondentes tem intenção de entregar seu equipamento para locais de coleta específicos.
- apenas 17,4% dos respondentes já ouviram sobre coleta de lixo eletrônico na cidade de Campos-RJ.

RESULTADOS – Estimativa de Geração de REEE

Tabela 3 – Estimativa da geração dos REEE, município de Campos-RJ

Equipamentos	Quantidade média/hab.	REEE estimados (und./ano)	Peso Médio (kg/und.)	REEE estimados (kg/ano)	Geração de REEE per capita (kg/hab.)
Celulares	1,8	2.674	0,1	267	0,18
<i>Desktops</i>	0,5	743	15,0	11.145	7,50
Computador <i>Notebook</i>	0,9	1.337	2,6	3.476	2,34
<i>Netbook</i>	0,1	149	1,3	193	0,13
<i>Tablets</i>	0,4	594	0,3	178	0,12
TOTAL		5.497		15.259	10,27

No modelo, foi considerada a população do município $P = 487.186$ habitantes.

RESULTADOS – Estimativa de Geração de REEE

- Como pode ser observado, o total de REEE estimado é 5.497 com peso total de 15.259 kg.
- A quantidade média de 0,1 *netbooks* por habitante pode ser explicada pelo encerramento da produção desse equipamento no ano de 2013.
- Para os celulares, dados da ANATEL (2017) apontam no estado do Rio de Janeiro uma densidade de celulares, por 100 habitantes, de 132,53 ou 1,32 celulares/habitante. Para a cidade de Campos a média encontrada é de 1,8 celulares/habitante.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Os resultados encontrados nessa pesquisa permitem inferir uma geração de REEE de 10,27 kg/habitante, para equipamentos aqui considerados. Segundo a UNU (2015) é esperado para o Brasil uma geração de 8,3 kg/habitante em 2018, essa estimativa considerou informações de vendas e distribuição do tempo de vida e tomou em conta outros tipos de EEE, tais como televisores, refrigeradores, etc. Esta e as outras estimativas de geração de REEE podem ser usadas para fornecer informação e indicativos importantes no dimensionamento de uma cadeia reversa no município.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Existem dificuldades relacionadas a quantificação precisa da geração de REEE, devido, além de outros fatores, as incertezas associadas as variáveis de um modelo. No caso desse trabalho, as informações sobre as vendas não estão disponíveis para a cidade avaliada. No entanto, os resultados encontrados com o modelo proposto demonstram a possibilidade de realizar estimativas mesmo quando não há total disponibilidade de informações. Existe, contudo, oportunidades para pesquisas futuras na direção buscar novas rodadas para o modelo proposto (utilizando dados de outras regiões, por exemplo), bem como seu aperfeiçoamento com a inclusão de novas variáveis e parâmetros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, M. G. *et al.* *A model for estimation of potential generation of waste electrical and electronic equipment in Brazil.* **Waste Management**, v. 32, pp. 335-342, 2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **IBGE Cidades** Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=330100&search=rio-de-janeiro|campos-dos-goytacazes|infograficos:-informacoes-completas>>. Acesso em 25 de Janeiro de 2016.
- LEITE, P.R. **Logística reversa: Meio ambiente e competitividade.** São Paulo, Prentice Hall, 2005.
- POCHAMPALLY, K.; NUKALA, S.; GUPTA, S. M. **Strategic Planning Models for Reverse in Closed-Loop Supply Chain.** New York: Taylor & Francis Group, 2009.
- RODRIGUES, A. C. **Fluxo domiciliar de geração e destinação de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos no município de São Paulo/SP:** caracterização e subsídios para políticas públicas. 247 f. Tese (Doutorado) - Curso de Saúde Pública, Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 2012.
- TSYDENOVA, O.; BENGTSSON, M. *Chemical hazards associated with treatment of waste electrical and electronic equipment.* **Waste Management**, v. 31, pp.45-58, 2011.
- WANG, F. *et al.* *Enhancing e-waste estimates: Improving data quality by multivariate Input–Output Analysis.* **Waste Management**, v. 33, pp. 2397-2407, 2013.

OBRIGADO!!!