

Logística reversa para resíduos de equipamentos eletroeletrônicos: seleção de variáveis para um modelo de previsão de demanda

Reverse logistics for waste electrical and electronic equipment: Variable selection for a forecasting model

**Jaqueline Terezinha Martins Corrêa Rodrigues, Doutora, Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS.**

Jaquecorrea@yahoo.com.br

Liane Werner, Doutora, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS.

Werner.liane@gmail.com

Resumo

A previsão de demanda é uma ferramenta importante para planejar e implantar a logística reversa, obrigatória no Brasil, para equipamentos eletroeletrônicos (EEE). Este artigo objetiva selecionar variáveis a serem utilizadas como base de um modelo de previsão de demanda para os Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE). Trata-se de uma pesquisa exploratória e descritiva, desenvolvida por meio de revisão da literatura e da aplicação do Método de Análise Hierárquica (AHP). A lista inicial das variáveis com potencial para compor um modelo de previsão de demanda para REEE foi obtida na literatura e, a partir disso, foi elaborado um questionário para que especialistas pudessem realizar as análises paritárias de importância. Após aplicação do método AHP e do cálculo dos pesos ponderados, obteve-se a classificação das variáveis. Foram selecionadas sete variáveis (33% do total) que representam 71,1% dos pesos ponderados, destacando-se a estimativa de vida útil do equipamento como a mais relevante.

Palavras-chave: Logística Reversa; Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos; Previsão de Demanda; Seleção de variáveis

Abstract

Demand forecasting is an important tool for planning and implementing reverse logistics, mandatory in Brazil, for electrical and electronic equipment (EEE). This paper aims to select variables to be used as the basis of a demand forecast model for Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). This is an exploratory and descriptive research, developed through a literature review and the Analytic Hierarchic Process (AHP). The initial list of variables with the potential to compose a demand forecast model for WEEE was obtained in the literature and, from this, a questionnaire was elaborated so that experts could carry out the parity analyzes of importance. After applying the AHP method and the weights calculation was obtained the variable

classification. Were selected seven variables (33% of the total), representing 71.1% of the weighted weights, highlighting the estimated equipment useful life as the most relevant.

Keywords: *Reverse Logistics; Waste Electrical and Electronic Equipment; Forecasting; Variable selection*

1. Introdução

A logística tem como missão disponibilizar bens e serviços no local, no tempo, na quantidade e com a qualidade solicitadas (LEITE, 2009). Já a logística reversa, segundo Rogers e Tibben-Lembke (1999), é um processo de planejamento, implantação e controle do fluxo de matérias primas, de produtos em processo, de produtos acabados e das informações, no sentido inverso ao da logística convencional. A logística reversa pode ser classificada em pós-venda e pós-consumo. A logística reversa de pós-venda trata do fluxo de produtos e materiais com pouco ou nenhum uso, que retornam por problemas de qualidade, final de contrato de consignação, problemas comerciais, etc. Já a logística reversa de pós-consumo se preocupa com o fluxo reverso de produtos e materiais descartados ao fim de sua utilização pelo consumidor (LEITE, 2009).

A logística reversa pós-consumo tornou-se obrigatória no Brasil a partir da aprovação Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), em agosto de 2010, para equipamentos eletroeletrônicos, agrotóxicos, pilhas e baterias, pneus, óleos lubrificantes e alguns tipos de lâmpadas. O objetivo da PNRS é viabilizar a coleta dos resíduos e sua restituição ao setor produtivo para reaproveitamento ou para destinação adequada (BRASIL, 2010).

Equipamento eletroeletrônico (EEE) é definido pelo Parlamento Europeu (2015) como aquele que, para funcionar, depende de corrente elétrica ou de campos eletromagnéticos, limitada a tensão nominal em 1000 V (corrente alternada) ou 1500 V (corrente contínua). Estes equipamentos e suas peças tornam-se resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) ao fim sua vida útil ou por descontinuidade de uso (XAVIER et al., 2012). A vida útil dos EEE varia conforme poder econômico e nível educacional da população, porte e tipo de equipamento, dentre outros fatores, segundo Gutiérrez et al. (2010).

Desta forma, para planejamento e implantação dos sistemas de logística reversa para os EEE é importante utilizar ferramentas que permitam a assertiva tomada de decisões, como a previsão de demanda. Sendo assim, o objetivo deste artigo é selecionar variáveis a serem utilizadas como base para um modelo de previsão de demanda para REEE, dando subsídios para o planejamento e implantação da logística reversa para estes resíduos, especificamente no Rio Grande do Sul.

2. Referencial teórico

Brito e Dekker (2003) apresentam quatro pontos que devem ser analisados para o sucesso da implantação do sistema de logística reversa. O primeiro trata das razões para o descarte dos produtos. Os consumidores descartam os EEE por problemas de qualidade, por dificuldade financeira dos consertos ou por obsolescência. Segundo Osibanjo, Nnorom

e Ogbonna (2008), a obsolescência pode ser determinada pelo desgaste ou perda de funcionalidade do produto, pela oferta de produtos com tecnologias avançadas, pelo design diferenciado de novos produtos ou pelo apelo psicológico dos novos modelos.

O segundo ponto é conhecer as características dos produtos que são descartados, como o número de componentes e os tipos de materiais utilizados (plásticos, metais, óleos, químicos...) para determinar, por exemplo, se o produto pode ser reutilizado ou reprocessado (BRITO e DEKKER, 2003). Rahmani et al. (2014) acrescentam que é preciso conhecer os dados de produção e vendas dos produtos, bem como o tempo de vida útil, que é de difícil determinação para produtos que são substituídos com mais frequência, como celulares e computadores. Além disso, Dwivedy e Mittal (2010) afirmam que a vida útil de alguns produtos é diferente para cada país e tem natureza subjetiva, dependendo muito da decisão do primeiro usuário que pode armazenar o produto por tempo indeterminado ou encaminhá-lo para o processo de logística reversa.

O terceiro ponto importante, conforme Brito e Dekker (2003), é conhecer os atores envolvidos no processo de logística reversa. É preciso considerar as responsabilidades e influências de cada um dos atores no processo, sejam fabricantes, fornecedores, varejistas, empresas especializadas em reciclagem, governo e consumidores (BRITO; DEKKER, 2003; NNORON; OSIBANJO, 2008).

O último ponto refere-se à forma de implantação da logística reversa. Segundo Leite (2009) e Kang e Schoenung (2006) existem fatores essenciais para se implantar um sistema de logística reversa com sucesso. É necessário conhecer as características dos produtos a serem captados, como quantidade, peso e tamanho, bem como o momento e local onde ocorrerá o descarte destes produtos em curto e longo prazo. Estas informações servem de base para determinação da infraestrutura que deve ser estabelecida para a logística reversa, como transporte, localização dos pontos de coleta, definição dos destinos dos produtos descartados e implantação de um sistema de informação para gerenciamento do processo.

Uma ferramenta importante para planejamento dos sistemas de logística reversa é a previsão de demanda. O principal objetivo das previsões é reduzir as incertezas e subsidiar decisões, conforme Render, Stair Jr e Hanna (2010). Nas organizações, segundo Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009), as previsões servem para identificar possíveis problemas e/ou demandas, dimensionar a produção e traçar planos de ação.

Os métodos de previsão podem ser qualitativos, quantitativos ou a combinação destes (ARMSTRONG, 2001). Os modelos qualitativos, segundo Render, Stair Jr e Hanna (2010), baseiam-se em julgamentos dos previsores e são subjetivos, mas podem ser úteis quando não existem dados quantitativos disponíveis ou no lançamento de novos produtos. Os métodos quantitativos envolvem modelos matemáticos e, conforme Morettin e Tolo (2004), a possibilidade de estimar os erros é uma vantagem, pois permite selecionar os melhores métodos para cada situação. Uma limitação dos métodos quantitativos é a necessidade de conhecer o comportamento dos dados no passado, o que pode não ser aplicável em algumas situações. Para escolha do modelo devem ser consideradas características dos dados como sazonalidade, tendência e aleatoriedade.

Costantine e Pappalardo (2010) afirmam que a combinação de métodos qualitativos e quantitativos é uma alternativa para gerar previsões com maior acurácia. Armstrong (2001) acrescenta que o ganho de acurácia na combinação de previsões ocorre devido à incorporação de características captadas nas diferentes previsões individuais. Entre os

pesquisadores do tema existe um contínuo interesse pela aplicação de modelos matemáticos aliados ao julgamento humano.

3. Método

Esta é uma pesquisa exploratória e descritiva. Malhotra (2011) afirma que a pesquisa exploratória visa examinar um problema ou uma situação para ampliar os conhecimentos do pesquisador e possibilitar direcionamentos futuros sobre o tema. Já a pesquisa descritiva visa caracterizar determinada população ou fenômeno ou ainda estabelecer relações entre variáveis, conforme Kauark, Manhães e Medeiros (2010). No caso deste trabalho, a revisão bibliográfica configura a parte exploratória, enquanto o levantamento para seleção de variáveis caracteriza a pesquisa descritiva.

Foram considerados trabalhos realizados nos últimos anos sobre aspectos legais, sociais e ambientais dos REEE. Os modelos de previsão de demanda são compostos por variáveis e a seleção destas variáveis dá início à etapa seguinte deste trabalho.

Para o modelo resultante de uma análise de regressão múltipla, Hair et al. (2005) classifica as variáveis em dependentes (resposta ou efeito) ou independentes (causas). Em geral existe um elevado número de variáveis envolvidas e, segundo Senra et al. (2007), a maioria dos trabalhos utiliza a opinião de especialistas ou a disponibilidade de dados para selecionar as variáveis do modelo. Neste trabalho a variável dependente é a resposta desejada para a previsão de demanda dos REEE e as variáveis independentes são os fatores que explicam o fenômeno e contribuem para a decisão de descarte do equipamento pelo usuário

Anzanello (2009) afirma que é preciso selecionar as variáveis mais relevantes para configurar modelos utilizando métodos adequados. Metodologias de análise multicritérios são utilizadas quando os problemas envolvem critérios que estão interligados, não são quantificáveis ou a solução do problema depende de pessoas com pontos de vista distintos (GOMES; GOMES; ALMEIDA, 2009). Uma das principais características da análise multicritérios, segundo Costa (2002), é reconhecer a subjetividade inerente aos problemas de decisão e tratar cientificamente os julgamentos de valor.

Dentre as principais metodologias desta abordagem ressalta-se o Método de Análise Hierárquica (*Analytic Hierarchic Process*, AHP). Saaty e Vargas (2012) afirmam que o AHP é uma forma de selecionar a melhor alternativa conforme critérios, considerando a razão e a intuição. As etapas do AHP, segundo Costa (2002), são: (i) Construção de hierarquia; (ii) Aquisição de dados com especialistas; (iii) Cálculo da prioridade de cada alternativa em relação ao foco principal; e (iv) Análise da consistência.

A estruturação do AHP é uma hierarquia com três níveis, sendo que o objetivo da decisão fica no primeiro nível, os critérios no segundo e as alternativas no terceiro. A construção da hierarquia é semelhante ao raciocínio humano e deve considerar objetivo, atributos, problemas e pessoas que tem relação com o problema para fornecer uma visão geral dos complexos relacionamentos inerentes à situação e dar subsídios para o avaliador realizar seus julgamentos (SAATY; VARGAS, 2012).

O primeiro nível do método AHP neste trabalho tem por objetivo avaliar a importância das variáveis para embasamento de um modelo de previsão da quantidade de REEE, bem

como determinar a intensidade desta importância. O segundo nível baseia-se nos 4 *stakeholders* envolvidos no processo de logística reversa dos REEE que são, segundo Nnorom e Osibanjo (2008), os consumidores, os fabricantes, o governo e as empresas gerenciadoras de REEE. Já o terceiro nível é composto pelas variáveis que detalham o nível anterior (Figura 1).

NÍVEL 2	NÍVEL 3	
	Item	Fatores / variáveis
Consumidores	1	Idade dos consumidores
	2	Classe social dos consumidores
	3	Nível de Educação dos consumidores
	4	Conhecimento da Legislação pelo Consumidor
	5	Informações adequadas aos consumidores
	6	Razões para descarte dos equipamentos
	7	Ação do consumidor após o uso
Produtos e Produção	8	Estimativa de vida útil do equipamento
	9	Porte dos equipamentos
	10	Número de equipamentos vendidos
	11	Número de equipamentos importados
	12	Preocupação com o processo produtivo
Legislação	13	Preocupação com design dos EEE
	14	Existência de programas de governo para REEE
	15	Equipamentos são patrimônio de órgãos públicos (necessidade de leilão)
	16	Existência de um acordo setorial
Destinação de REEE	17	Incentivos para empresas de reciclagem/gerenciadoras de REEE na região
	18	Disponibilização de pontos de coleta de REEE
	19	Distância dos pontos de coleta de REEE
	20	Distância dos pontos de tratamento do REEE
	21	Existência de empresas de reciclagem ou gerenciadoras de REEE na região

Figura 1 – Níveis 2 e 3 do AHP – Fonte: elaborada pelas autoras

A aquisição dos dados para a aplicação do AHP foi realizada com a aplicação de um questionário para realização dos julgamentos paritários pelos especialistas. As comparações paritárias entre fatores i e j são realizadas utilizando a escala da Tabela 1, porém os valores inteiros intermediários (2, 4, 6 e 8) podem ser utilizados.

Intensidade de importância	Definição
1	Fatores i e j com igual importância
3	Fator i tem importância moderada em relação ao fator j
5	Fator i tem importância forte em relação ao fator j
7	Fator i tem importância muito forte em relação ao fator j
9	Fator i tem importância absoluta em relação ao fator j

Tabela 1 - Intensidade de importância do fator i em relação ao fator j - Fonte: Adaptado de Saaty e Vargas (2012)

A aquisição destas comparações dá origem a uma matriz de julgamento positiva e recíproca, segundo Saaty e Vargas (2012). Os elementos a_{ij} desta matriz A são as atribuições de intensidade de importância do fator da linha i em relação ao fator da coluna j . Com isso, é possível calcular o peso relativo de cada fator através do cálculo do autovetor da matriz. Caso não seja possível calcular o autovetor, os autores apresentam formas alternativas para cálculos dos pesos. A figura 2 mostra uma destas alternativas, utilizada neste trabalho, que consiste em normalizar os elementos de cada coluna da matriz de julgamento e realizar a média aritmética de cada linha normalizada para obter o peso relativo do fator i .

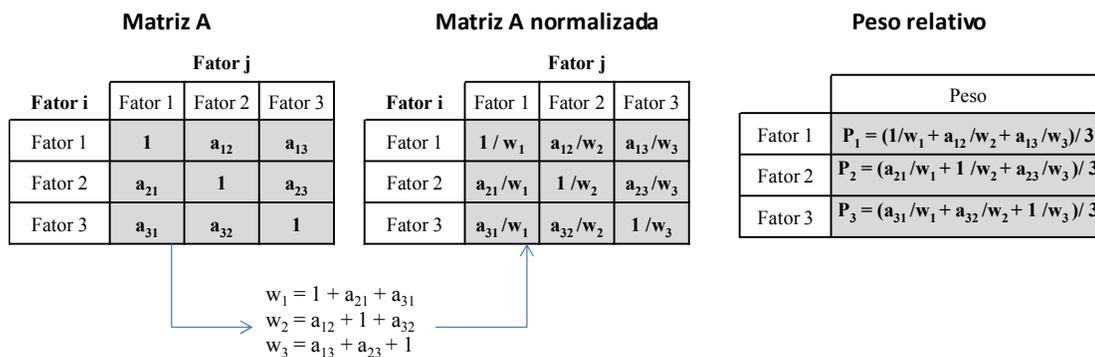


Figura 2 – Passos para cálculo do peso relativo do fator i – Fonte: elaborado pelas autoras

É preciso avaliar a matriz A para verificar a consistência das opiniões dos especialistas. Uma matriz de comparações de dimensão N é consistente, segundo Saaty e Vargas (2012), quando o maior autovalor (λ_{max}) tem valor igual a N . A Razão de Consistência (RC) é uma medida para avaliar a consistência da matriz. Para que a matriz seja considerada consistente, o valor de RC não deve ultrapassar 0,1. Caso isso ocorra, é preciso revisar o modelo ou os julgamentos, pois mais de 10% das comparações foram realizadas sem critério (SAATY; VARGAS, 2012).

Sendo os fatores avaliados por mais de um especialista é preciso realizar a média aritmética dos pesos relativos atribuídos por cada um para encontrar o peso relativo médio do fator. A importância de cada fator será determinada pelo peso ponderado do fator. Esta ponderação será dada pela multiplicação do peso relativo médio do fator do nível 3 do AHP pelo peso relativo do agrupamento que este fator faz parte (nível 2 do AHP). Para classificação dos fatores, ordena-se do maior para o menor peso ponderado de cada fator. Neste trabalho também foi calculado o peso ponderado acumulado, para determinar os fatores com maior relevância para o futuro modelo de previsão de demanda.

4. Resultados

Buscando informações sobre a forma que as previsões de demanda de REEE foram realizadas por outros autores, como Yang e Williams (2009), Rahmania et al. (2014) e Habuer, Nakatani e Moriguchi (2014), nota-se que a variável resposta mais utilizada foi a

quantidade de REEE. Neste trabalho a variável resposta será a quantidade, em unidades de REEE, de determinada região geográfica e período de tempo.

As variáveis explicativas foram obtidas na literatura. Para identificação das variáveis mais importantes foi utilizada a metodologia AHP, pois não existem dados disponíveis que permitam a avaliação estatística da importância destas variáveis para um modelo de previsão de demanda para REEE.

Neste trabalho utilizou-se um questionário para buscar a opinião dos especialistas sobre a variável mais importante em uma combinação paritária, bem como a intensidade desta importância para o desenvolvimento de um modelo de previsão de demanda para REEE. O questionário utiliza a escala proposta por Saaty e Vargas (2012) para comparação de fatores, conforme Tabela 1.

Definiu-se que seriam pelo menos dois especialistas, sendo um deles atuante no setor acadêmico e outro não. Para seleção dos especialistas do setor acadêmico buscou-se pesquisadores com atuação específica na área, com titulação de doutor. Para os especialistas não acadêmicos buscaram-se profissionais que atuassem em empresas gerenciadoras de REEE ou em órgãos públicos ligados ao Meio Ambiente. Foram contatados 15 profissionais no final de 2015, sendo que 7 destes com atuação exclusiva no setor acadêmico. Três especialistas responderam o questionário, sendo um professor de instituição pública federal, um representante do governo e um especialista com atuação nos dois setores.

Dando continuidade a aplicação do AHP, o cálculo da prioridade de cada alternativa em relação ao foco principal, as respostas obtidas nos questionários foram transcritas para as matrizes correspondentes para cada um dos especialistas, identificados como E1, E2 e E3. Um exemplo da matriz gerada pelas respostas de um dos especialistas é mostrado na Tabela 2.

MATRIZ LEGISLAÇÃO		VARIÁVEIS				
		14	15	16	17	
VARIÁVEIS	14	Existência de programas de governo para REEE	1	3	1/9	1/7
	15	Equipamentos são patrimônio de órgãos públicos (necessidade de leilão)	1/3	1	1/9	1/9
	16	Existência de um acordo setorial	9	9	1	1
	17	Incentivos para empresas de reciclagem/gerenciadoras de REEE na região	7	9	1	1

Tabela 2 – Exemplo de matriz gerada com respostas dos especialistas – Fonte: Elaborada pelas autoras

Na sequência, foi calculada a matriz normalizada de cada matriz original e calculado o peso relativo da variável, seguindo os passos descritos no método deste artigo. A Tabela 3 apresenta os resultados da matriz normalizada obtidos para a matriz da Tabela 2.

MATRIZ NORMALIZADA		VARIÁVEIS				PESO RELATIVO	
		14	15	16	17		
VARIÁVEIS	14	Existência de programas de governo para REEE	0,058	0,136	0,050	0,063	0,077
	15	Equipamentos são pa trimônio de órgãos públicos (necessidade de leilão)	0,019	0,045	0,050	0,049	0,041
	16	Existência de um acordo setorial	0,519	0,409	0,450	0,444	0,455
	17	Incentivos para a empresas de reciclagem/gerenciadoras de REEE na região	0,404	0,409	0,450	0,444	0,427

Tabela 3 – Exemplo de matriz normalizada – Fonte: Elaborada pelas autoras

Para obtenção do peso absoluto médio de cada variável do nível 3 do AHP foi realizada a média aritmética do peso relativo atribuído por cada especialista. Na sequência este valor foi multiplicado pelo peso médio absoluto do fator correspondente do nível 2. A tabela 4 apresenta um exemplo destes cálculos.

	NÍVEL 2					Nº fator	Fatores / variáveis	NÍVEL 3			Peso médio	Peso ponderado
	E1	E2	E3	Peso médio				E1	E2	E3		
Consumidores						1	Idade dos consumidores	0,023	0,023	0,048	0,031	0,003
						2	Classe social dos consumidores	0,073	0,220	0,061	0,118	0,010
						3	Nível de Educação dos consumidores	0,146	0,105	0,153	0,135	0,012
	0,085	0,043	0,136	0,088		4	Conhecimento da Legislação pelo Consumidor	0,059	0,117	0,081	0,086	0,008
						5	Informações adequadas aos consumidores	0,118	0,241	0,160	0,173	0,015
						6	Razões para descarte dos equipamentos	0,251	0,217	0,257	0,242	0,021
						7	Ação do consumidor após o uso	0,329	0,077	0,240	0,215	0,019

Tabela 4 – Pesos relativos (segundo especialistas) e Peso ponderado – Fonte: Elaborada pelas autoras

Conforme Saaty e Vargas (2012) o passo seguinte do método AHP é analisar a consistência das respostas. A tabela 5 apresenta os valores encontrados para cada matriz, por especialista. Considerando que os valores de RC da Tabela 6 não se distanciaram exageradamente de 0,10 e que algumas matrizes exigiam muitas comparações paritárias - o que dificulta a análise - os dados foram aceitos para cálculo da Importância dos fatores.

Matrizes	E1	E2	E3
Consumidores	0,113	0,107	0,103
Produtos e Produção de EEE	0,102	0,108	0,098
Legislação	0,101	0,049	0,000
Destinação dos REEE	0,097	0,111	0,046
Geral	0,083	0,107	0,098

Tabela 5 – Valores da Razão de Consistência (RC) por matriz e especialista – Fonte: Elaborada pelas autoras

A tabela 6 foi utilizada para classificar as variáveis (fatores) com potencial para fazer parte do modelo de previsão de demanda dos REEE, ordenando do maior para o menor peso ponderado obtido na Tabela 4. Percebe-se que a importância acumulada de 7 variáveis (ou 33% do total de fatores), representa 71,1% dos pesos ponderados, numa proporção que se aproxima dos 80/20 do princípio de Pareto.

Classificação	Nº fator	Fatores / variáveis	Peso ponderado	Peso acumulado
1º	8	Estimativa de vida útil do equipamento	0,144	14,4%
2º	18	Disponibilização de pontos de coleta de REEE	0,133	27,7%
3º	16	Existência de um acordo setorial	0,114	39,2%
4º	10	Número de equipamentos vendidos	0,096	48,8%
5º	17	Incentivos para empresas de reciclagem/gerenciadoras de REEE na região	0,091	57,9%
6º	21	Existência de empresas de reciclagem ou gerenciadoras de REEE na região	0,066	64,6%
7º	19	Distância dos pontos de coleta de REEE	0,065	71,1%

Tabela 6 – Principais fatores classificados em ordem decrescente de importância – Fonte: Elaborada pelas autoras

Ressalta-se que dentre os fatores relacionados aos consumidores (1 ao 7) nenhuma variável foi selecionada entre as mais importantes, sendo que a que apresentou maior peso ponderado encontra-se na 13ª posição. Foram considerados os dois fatores mais importantes pelos especialistas duas variáveis que se relacionam com os produtos e produção de EEE e com a destinação dos REEE, respectivamente: estimativa de vida útil (8) e disponibilização de pontos de coleta (18).

5. Considerações finais

Tratar de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos no Brasil ainda é um tema incipiente, pois, na prática, a logística reversa depende de várias ações para que seja de fato uma realidade. A previsão de demanda é uma ferramenta que pode auxiliar no

dimensionamento do sistema de logística reversa para os EEE, permitindo conhecer a quantidade de REEE gerada em determinada região e período de tempo.

Uma das etapas iniciais de um sistema de previsão de demanda é a identificação das variáveis que serão consideradas no modelo. O resultado deste trabalho mostrou que a estimativa de vida útil dos EEE é a variável mais importante para esta previsão. Em tese, se o produto tem maior durabilidade, ele levará mais tempo para ser descartado e tornar-se resíduo. Outros fatores influenciam a descartabilidade dos produtos, como novas tecnologias, poder econômico da população e tipo de equipamento (GUTIÉRREZ et al., 2010). Há escassez de dados detalhados sobre a vida útil dos equipamentos no Brasil, sendo necessário adaptar os dados para a realidade brasileira.

A disponibilização de pontos de coleta para os REEE foi a segunda variável considerada mais importante pelos especialistas. A maior oferta de postos de entrega voluntária (PEV) para REEE, por parte dos governos municipais, fabricantes, comerciantes e/ou empresas gerenciadoras de REEE, tende a contribuir para o aumento do descarte dos equipamentos e sua posterior correta destinação.

A existência do acordo setorial é crítica para que o sistema de logística reversa dos REEE possa ser realidade. A PNRS não detalha a forma que este sistema operará, quais os custos envolvidos, quem é responsável por cada etapa, como serão tratados os produtos órfãos e como serão simplificadas as questões fiscais para transporte destes resíduos para os locais adequados de tratamento, dentre outras questões que estão sendo tratadas no acordo setorial. Enquanto esse acordo setorial não for aprovado e entrar em vigor, existirão somente ações isoladas de alguns fabricantes, prefeituras e gerenciadoras de REEE, o que não é suficiente para minimizar a destinação irregular de REEE.

A importância do conhecimento do número de equipamentos vendidos foi ressaltada na literatura e o resultado obtido pela aplicação do método AHP com especialistas confirmou esta importância. Se a venda de EEE aumenta, espera-se que a quantidade de resíduos oriundos destes equipamentos também aumente no futuro.

Os incentivos e a existência de empresas gerenciadoras de REEE na região devem ser considerados na previsão de demanda, conforme especialistas. Estas empresas auxiliam na divulgação e execução de ações que ampliam a coleta de REEE na região. Sendo assim, torna-se importante incentivar a instalação e a manutenção de empresas deste tipo para que sejam gerados empregos formais, para que os resíduos tenham um destino ambientalmente correto e para que matérias primas recicladas possam retornar ao processo produtivo.

A questão da distância dos pontos de coleta também foi considerada importante, pois o deslocamento dos consumidores até estes pontos deve ser facilitado. A localização destes pontos de coleta em locais adequados, distribuídos conforme densidade populacional, com acesso facilitado e tendo a oportuna divulgação irá contribuir para a implantação do sistema de logística reversa dos REEE.

A ação dos consumidores após o uso dos EEE é destacada na literatura como um dos fatores importante para a logística reversa dos REEE, como citado no trabalho de Gutiérrez et al. (2010) que afirmam que as etapas essenciais da logística reversa dependem especialmente dos hábitos de descarte dos consumidores. Entretanto, na visão dos especialistas consultados, as variáveis que descrevem o consumidor e suas ações não foram consideradas importantes para a situação atual brasileira.

Esta seleção de variáveis pode ser utilizada para proposição de um modelo de previsão de demanda para os REEE em trabalhos futuros. Uma sugestão é utilizar análise de regressão linear múltipla, salientando que algumas variáveis selecionadas são variáveis qualitativas e podem ser alocadas como *dummy* (assumindo valores 1 ou 0), assinalando que determinada condição é ou não satisfeita. Outro método que pode ser avaliado é o uso da Modelagem de Equações Estruturais (SEM), que pode lidar com múltiplas relações entre variáveis simultaneamente, uma vez que as variáveis selecionadas podem apresentar interdependências (HAIR et al.,2005).

Referências

- ANZANELLO, M.J. Seleção de variáveis para classificação de bateladas produtivas com base em múltiplos critérios. *Produção*, v. 23, n. 4, p. 858-865, out./dez. 2013.
- ARMSTRONG, J. S. Principles of forecasting: a handbook for researchers and practitioners. Norwel,, MA: Kluwer Academic Publishers, 2001.
- BRASIL. Lei 12.305. Política Nacional de Resíduos Sólidos. 2010.
- BRITO, M. P.; DEKKER, R. A Framework for Reverse Logistics. *Erim Report Series Research in Management Ers-2003-045-LIS*. Erasmus University Rotterdam. The Netherlands. April 2003.
- COSTA, H. G. Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão. Niterói, RJ: H. G. Costa, 2002.
- COSTANTINE, C.; PAPPALARDO, C. A hierarchical procedure for combination of forecasts. *International journal of forecasting*, v.26, p. 725-743, 2010.
- DWIVEDY M.; MITTAL R. K. Estimation of future outflows of e-waste in India. *Waste Management*, v. 30, p. 483–491, 2010.
- GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S.; ALMEIDA, A. T. Tomada de Decisão Gerencial: enfoque multicritério. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- GUTIERREZ, E.; ADENSO-DIAZ, B.; LOZANO, S.; GONZALEZ-TORRE, P. A competing risks approach for time estimation of household WEEE disposal. *Waste Management*. n. 30. p. 1643–1652, 2010.
- HABUER; NAKATANI, J.; MORIGUCHI, Y. Time-series product and substance flow analyses of end-of-life electrical and electronic equipment in China. *Waste Management*, v. 34, p. 489–497, 2014.
- HAIR JR, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. *Análise Multivariada de Dados*. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- KANG H.Y.; SCHOENUNG J.M. Estimation of future outflows and infrastructure needed to recycle personal computer systems in California. *Journal of Hazardous Materials*, v. B137, p. 1165–1174, 2006.
- KAUARK, F.; MANHÃES, F. C; MEDEIROS, C.H. Metodologia da pesquisa: guia prático. Itabuna: Via Litterarum, 2010.

- KRAJEWSKI, L.; RITZMAN, L.; MALHOTRA, M. Administração de Produção e Operações. 8ª ed. São Paulo: Pearson, 2009.
- LEITE, P.R. Logística Reversa: meio ambiente e competitividade. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.
- MALHOTRA, N. K. Pesquisa de Marketing: foco na decisão. 3ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.
- MORETTIN, P.A.; TOLOI, C.M. Análise de Séries Temporais. São Paulo: Edgar Blucher Ltda, 2004.
- NNOROM, I.C.; OSIBANJO, O. Overview of electronic waste (e-waste) management practices and legislations, and their poor application in the developing countries. Resources, Conservation & Recycling, n. 52, p. 843-858, 2008.
- OSIBANJO, O; NNOROM, I.C.; OGBONNA, K.C. Modelling waste generation by the telecom sector in Nigeria: the grey side of the impressive outing. Waste Management & Research, v. 26, n. 317, 2008.
- PARLAMENTO EUROPEU. Directive 2012/19/EU of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on waste electrical and electronic equipment (WEEE) Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32012L0019>>. Acesso em: 18 out 2015.
- RAHMANIA, M.; NABIZADEHB, R.; YAGHMAEIANA, K.; MAHVIA, A. H.; YUNESIANB, M. Estimation of waste from computers and mobile phones in Iran. Resources, Conservation and Recycling. v. 87, p. 21–29, 2014.
- RENDER, B.; STAIR, R.; HANNA, M.E. Análise Quantitativa para Administração. 10 ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. Going backwards: reverse logistics trends and practices. Reno: Universidade de Nevada, 1999.
- SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process. 2nd ed. Boston, MA: Springer, 2012. DOI 10.1007/978-1-4614-3597-6.
- SENRA, L.F.A.C.; NANJI, L.C.; MELLO, J.C.C.B.S.; MEZA, L.A. Estudo sobre métodos de seleção de variáveis em DEA. Pesquisa Operacional, v.27, n.2, p.191-207, 2007
- XAVIER, L.H.; SANTOS, M.C.L.; FRADE, N.B.; CARVALHO, T.C.M.B. Aspectos socioambientais e técnicos da gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. São Paulo: IEE-USP: CEDIR, 2012.
- YANG, Y.; WILLIAMS, E. Logistic model-based forecast of sales and generation of obsolete computers in the USA. Technological Forecasting and Social Change, v. 76, p. 1105–1114. 2009.