

## TOMADA DE DECISÃO ESTRATÉGICA NA LOGÍSTICA REVERSA DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

**Mariane da Silva Krepel**

**Patrícia Alcântara Cardoso**

Universidade Federal do Espírito Santo

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - Transportes

### RESUMO

Os resíduos da construção civil e demolição (RCD) vêm recebendo cada vez mais atenção por parte dos construtores e pesquisadores de todo mundo. Pesquisas envolvendo a gestão dos RCD têm sido publicadas nas últimas décadas, porém, os estudos existentes em respeito à cadeia de produção dos RCD são na sua maioria implementados numa perspectiva estática, sem considerar a natureza dinâmica e interdependências das variáveis do sistema de gestão dos RCD, acarretando em equívocos sobre o real efeito da implementação das estratégias de gestão. Dessa forma, a dissertação propõe um modelo que pode servir de ferramenta de apoio à decisão para projetar a gestão da cadeia reversa dos RCD em projetos de construção, e simular os efeitos da influência de políticas na logística reversa dos RCD. A pesquisa é conduzida utilizando a metodologia da Dinâmica de Sistemas, uma abordagem sistêmica que lida com a complexidade de sistemas diversos. O objetivo do trabalho é aprofundar o entendimento sobre as relações de *feedback* que fundamentam o sistema de gestão da cadeia reversa dos RCD e contribuir para o desenvolvimento de um modelo dinâmico para avaliar possíveis estratégias sob vários cenários, de forma que a melhor estratégia, considerando aspectos econômicos e ambientais, possa ser identificada antes de ser implementada na prática.

### 1. INTRODUÇÃO

Propostas de incorporação da cadeia reversa são necessárias para a implementação atrativa de suas atividades. A gestão da logística reversa não depende apenas da legislação, conscientização e colaboração da sociedade, mas de metodologias e ferramentas que contribuam com a viabilidade e autossuficiência da rede. O ganho na imagem corporativa e a questão ambiental não são os principais fatores direcionadores para o início e manutenção das atividades reversas, mas sim o fator econômico, que é a peça fundamental para o projeto da rede reversa (Matos, 2012).

A rede logística reversa de várias empresas e empreendimentos têm sido modelada, e políticas influenciadoras investigadas para análise de custo benefício. Yuan *et al.* (2011) desenvolveram um modelo quantitativo, com abordagem da Dinâmica de Sistemas, que simula os efeitos de diferentes taxas de cobrança para disposição em aterro (TDCA) no custo benefício de práticas de reciclagem.

(Zhao *et al.*, 2011) modelaram diferentes cenários para identificar qual tipo de centro de reciclagem de RCD, fixo, móvel, privado ou público, traria maior vantagem econômica na gestão dos RCD baseados na localização dos centros.

A análise da cadeia reversa de uma organização se torna imprescindível para qualquer setor que deseja otimizar sua cadeia. Além disso, no Brasil, a lei 12.305 de 2010 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que fornece diretrizes para a gestão integrada e gerenciamento dos resíduos sólidos, aliada à Resolução CONAMA nº 307 de 2002, que estabelece procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, definem que a responsabilidade sobre o gerenciamento de resíduos deve ser do gerador, transportador e município. Além de trazer um novo sistema de gestão onde os geradores devem reduzir, reutilizar, reciclar, tratar e dispor os RCD (Brasil, 2002 e Brasil 2010) Dessa forma a

dissertação tem como motivação propor um modelo para gestão da logística reversa dos RCD baseado no comportamento sistêmico – por intermédio da Dinâmica de Sistemas (DS) como ferramenta de tomada de decisão – à realidade brasileira. Pretende-se aplicar o conhecimento aprendido em uma empresa real do Estado do Espírito Santo. Destaca-se ainda, que com a pesquisa e o modelo aplicados para uma empresa de construção civil, fica estabelecida a proposta de incentivar empresas que não possuam atividades de logística reversa na sua implantação, além de permitir que as já existentes tenham suporte em aprimorar suas atividades que possuam algum empecilho para sua realização.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Logística Reversa

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) define a logística reversa como “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.” (Brasil, 2010).

Segundo Stock (1998), a logística reversa é um método que alia da melhor forma a engenharia e a gestão da cadeia de suprimentos, de forma que a empresa que a desenvolve tem muito a ganhar de forma institucional.

Tibben-Lembke e Rogers (2002) definem a logística reversa como o processo de movimentação de bens da sua destinação típica com o propósito de agregar valor, ou disposição adequada, o que abrange todas as atividades de fabricação e logística, incluindo reuso, refabricação, reciclagem e gerenciamento de materiais perigosos. Os estudos sobre logística reversa procuram estabelecer um sistema eficiente e efetivo de fluxo de materiais numa cadeia de suprimentos.

Para Leite (2003), a logística reversa é um uma forma de reinserir bens ao ciclo produtivo, de forma a agregar valor não só econômico, mas também nos aspectos ambientais, sociais, legais, e de imagem da empresa.

A gestão adequada dos resíduos da construção civil pode influenciar fatores econômicos, ambientais e sociais. Dessa forma, as empresas que tem conhecimento sobre os elementos envolvidos na logística reversa podem tirar grande proveito desse conhecimento, otimizando sua produção, melhorando a imagem corporativa, reduzindo custos com a coleta, armazenamento, transbordo, transporte, reciclagem dos resíduos, diminuindo gastos com insumos e disposição de resíduos, além de causar menos danos ambientais e sociais, como emissão de gases de efeito estufa, exaustão de aterros sanitários e propagação de vetores provindos da disposição ilegal de resíduos.

Considerando o exposto anteriormente, a tomada de decisão na implantação da rede logística reversa nas empresas de construção civil envolve diversos fatores, e apresenta grande possibilidade de recuperação de valor econômico e ambiental, se propriamente tratada.

### 2.2. Dinâmica de Sistemas

A Dinâmica de Sistemas (DS) é uma metodologia que permite a análise estratégica de

sistemas complexos ao longo do tempo com a ajuda da simulação computacional, onde as variáveis de entrada de dados podem receber informações de variáveis intermediárias e de variáveis de saída e vice-versa (Sterman, 2000). A modelagem por Dinâmica de Sistemas pode ajudar a construir a comunicação e identificar as relações de *feedback* entre diferentes componentes dentro de um sistema, possibilitando a tomada de decisão frente a diferentes cenários (Homer e Hirsch, 2006).

DS é uma abordagem sistemática particularmente útil para investigar sistemas econômicos e sociais de grande complexidade. Os modelos de DS não só são capazes de examinar mudanças dinâmicas no sistema estudado, mas também consegue indicar como as variáveis do sistema estão interrelacionadas, e como se dará o comportamento geral desse sistema sob a influência das interações entre as variáveis.

Desde seu surgimento em 1960, a abordagem da DS tem sido aplicada na investigação de uma grande variedade de sistemas de diversas áreas, inclusive na gestão da cadeia de suprimentos reversa e gestão de resíduos sólidos da construção civil e demolição. Por exemplo, Hao *et al.* (2010) simularam a cadeia de RCD por meio da DS de 2005 até 2024 em Shenzhen, China. Com o auxílio do modelo, informações relevantes foram obtidas, como a capacidade dos aterros, que seria exaurida em 2016, fatores que afetavam a redução dos RCD ao longo do tempo, benefícios financeiros, a longo prazo, da implantação do reuso e reciclagem desses resíduos, e a necessidade de regulamentações rígidas e esquemas de incentivo para inibir a disposição ilegal de resíduos e aumentar a taxa de reciclagem.

A aplicação do modelo de DS de Tam *et al.* (2014) também foi feita na cidade de Shenzhen, China, e forneceu uma análise profunda sobre as várias atividades envolvidas na logística da cadeia de RCD, como: geração, transporte, reciclagem, disposição de resíduos ilegal e em aterro.

Modelos de DS podem contemplar diferentes cenários, variáveis e objetivos, incluindo análise econômica de diversos fatores como localização e tipo de centros de reciclagem, custos de transporte e armazenamento, benefícios provindos da reciclagem e outros. Devido às diferentes realidades e regulamentação dos países, é necessária a construção de modelos adequados à realidade brasileira. Dessa forma, essa dissertação visa preencher a lacuna existente na literatura nacional quanto à modelagem dinâmica de sistemas logísticos reversos aplicados aos resíduos da construção e demolição.

### 3. METODOLOGIA

A dissertação pretende utilizar a Dinâmica de Sistemas como ferramenta de tomada de decisão estratégica na logística reversa dos resíduos da construção civil. Para tanto, será desenvolvido um modelo qualitativo - diagrama causal - e quantitativo - diagrama de estoque e fluxo - que permita a representação do problema em estudo, de forma com que este seja o mais próximo possível da realidade, e permita a análise de estratégias envolvidas na logística reversa dos RCD.

Dessa forma, será feito um levantamento na literatura dos modelos já existentes de gestão dos RCD por meio da DS com diversas variáveis e objetivos. A partir dos modelos levantados, será desenvolvido um novo modelo, considerando os objetivos que serão definidos.

A partir do desenvolvimento da modelagem, será realizada uma análise quantitativa por meio de diagramas de estoque e fluxo a partir da utilização do software Stella® (ISEE Systems) como ferramenta.

Espera-se ao fim da dissertação avaliar diferentes estratégias na decisão da implantação da rede reversa dos RCD de forma economicamente viável em um projeto de construção civil no Brasil.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brasil. (2002) *RESOLUÇÃO No 307, DE 5 DE JULHO DE 2002*. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA: DOU nº 136, de 17/07/2002.
- Brasil. (2010) *Logística Reversa*. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-perigosos/logistica-reversa>>.
- Hao, J. L. J. et al. (2010) *Dynamic modeling of construction and demolition waste management processes: an empirical study in Shenzhen, China*. Engineering, Construction and Architectural Management, v. 17, n. 5, p. 476-492.
- Homer, J. B.; Hirsch, G. B. *System dynamics modeling for public health: background and opportunities*. American journal of public health, v. 96, n. 3, p. 452-458, 2006. ISSN 0090-0036.
- Leite, P. R. (2003) *Logística Reversa: Meio ambiente e Competitividade*. São Paulo: Prentice Hall. 250 p.
- Matos, D. A. D. (2012) *Tomada de decisão em redes logísticas de reciclagem de materiais através da dinâmica de sistemas*. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo
- Sterman, J. D. (2000) *Business Dynamics. System Thinking and Modeling for a complex world*. Boston: Mc Graw Hill High Education.
- Stock, J. R. (1998) *Development and implementation of reverse logistics programs*. Em Annual Conference Proceedings, Council of Logistics Management.
- Tam, V. W. Y.; Li, J.; Cai, H. (2014) *System dynamic modeling on construction waste management in Shenzhen, China*. Waste Management & Research, v. 32, n. 5, p. 441-453.
- Tibben-Lembke, R. S.; Rogers, D. S. (2002) *Differences between forward and reverse logistics in a retail environment*. Supply Chain Management: An International Journal, v. 7, n. 5, p. 271-282.
- Yuan, H. P. et al. (2011) *A model for cost-benefit analysis of construction and demolition waste management throughout the waste chain*. Resources, conservation and recycling, v. 55, n. 6, p. 604-612.
- Zhao, W.; Ren, H.; Rotter, V. S. (2011) *A system dynamics model for evaluating the alternative of type in construction and demolition waste recycling center-The case of Chongqing, China*. Resources, Conservation and Recycling, v. 55, n. 11, p. 933-944.

---

Mariane da Silva Krepel (mariane.krepel@aluno.ufes.br)

Patrícia Alcântara Cardoso (patricia.cardoso@ufes.br)

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - Mestrado em Transportes, Universidade Federal do Espírito Santo

Av. Fernando Ferrari, 514 – Goiabeiras, Vitória, ES, Brasil. CEP:29075-910