

DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO COMPUTACIONAL PARA AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA IMPLANTAÇÃO E ESTÍMULO A PRÁTICAS DE RECICLAGEM NO MUNICÍPIO DE CACEQUI/RS

DEVELOPMENT OF A COMPUTATIONAL MODEL TO EVALUATE THE EFFECTS OF IMPLEMENTATION AND THE STIMULATION OF RECYCLING PRACTICES IN THE CITY OF CACEQUI/RS

Ruan Brum Caramês* E-mail : rbcarames@gmail.com
Eugênio de Oliveira Simonetto* E-mail: eosimonetto@gmail.com
Glauco Oliveira Rodrigues* E-mail : glaucop10@redes.ufsm.br
*Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS

Resumo: Este artigo objetiva demonstrar os impactos do estímulo a reciclagem dos resíduos sólidos urbanos produzidos no Município de Cacequi. Utilizando-se de estudos sobre o assunto e informações do próprio município, projetaram-se cenários idealizados de reciclagem em um sistema de simulação computacional, a fim de avaliação dos resultados apurados, visando facilitar a tomada de decisão pelo Executivo Municipal. Foram projetados os seguintes cenários: 1) sem reciclagem; 2) 13% de reciclagem; 3) 30% de reciclagem; e 4) 40% de reciclagem. As simulações foram realizadas com base nos principais resíduos sólidos coletados pelos catadores: plásticos, papéis, materiais ferrosos e alumínio. O objetivo principal está pautado na verificação dos resultados simulados nos cenários, referentes a três fatores que envolvem o tema abordado, o custo total mensal da coleta de resíduos, o resíduo sólido urbano gerado e o ganho potencial bruto com reciclagem, fatores que possuem forte impacto socioambientais, em função da redução do descarte de rejeito e pela inclusão social por meio da geração de emprego e renda.

Palavras-chave: Dinâmica de Sistemas. Modelagem Computacional. Resíduos Sólidos. Reciclagem. Simulação Computacional.

Abstract: This article aims to demonstrate the impacts of the stimulus to the recycling of urban solid waste produced in the Municipality of Cacequi. Using studies on the subject and information from the municipality itself, idealized recycling scenarios were designed in a computer simulation system in order to evaluate the results in an effort to facilitate decision making by the Municipal Executive Board. The following scenarios were designed: 1) without recycling; 2) 13% of recycling; 3) 30% of recycling; and 4) 40% of recycling. The simulations were performed based on the main solid waste collected by waste pickers, plastics, paper, ferrous materials and aluminum. The fundamental objective is carried out to verify the results simulated in the scenarios, referring to three factors that involve the theme addressed, the total monthly cost of waste collection, the urban solid waste generated and the gross potential gain with recycling, factors that have a strong socio-environmental impact, due to the reduction of waste disposal and social inclusion through the generation of employment and income.

Keywords: System Dynamics. Computational Modeling. Solid Waste. Recycling. Computational Simulation.

1 INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios para os gestores públicos no século XXI é promover uma gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos, tendo em vista os impactos socioambientais envolvidos e a crescente produção de rejeitos pela população (REIS et al., 2016). Grande parte do problema está associada à falta de conscientização e de políticas públicas que tratem o problema de forma integrada entre a comunidade, a esfera pública e o setor privado. Diante da proposta do Curso de Pós-Graduação em Gestão Pública, que se refere, não apenas a qualificação do quadro de gestores de sistemas públicos, mas também ao esforço de contribuir para a melhoria da gestão das atividades desempenhadas pelo Estado, a partir do estudo sistemático e aprofundado da realidade administrativa do governo, para que se possa ter uma adequada intervenção na realidade social, política e econômica (UFSM, 2015), realizou-se um estudo sobre as possibilidades envolvidas no processo e estímulo à reciclagem e à coleta seletiva do resíduo sólido.

O problema abordado é amplamente discutido na esfera pública, muito em função das imposições legais previstas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei Federal nº. 12.305 e regulamentada pelo Decreto nº 7.404, de 2010 (BRASIL, 2010), tornando-se um grande problema social a ser enfrentado pelos municípios. O grande dilema que envolve este contexto trata-se do custo elevado para implantação do processo de coleta seletiva de resíduos sólidos unilateralmente pelo município, estimado em 4,5 vezes maior do que o gasto com a coleta convencional (CEMPRE, 2014). Porém, podem-se estimular e fomentar práticas de reciclagem, envolvendo os catadores, promovendo a inclusão social, a geração de renda e a diminuição do descarte de resíduos em aterros sanitários, proporcionando um ganho ambiental.

A importância do debate sobre o tema proposto com os gestores municipais vai no sentido à criação do Estado Necessário, entendido como um Estado capaz não apenas de atender às demandas presentes, mas de tratar e satisfazer novas demandas requeridas pela sociedade (DAGNINO, 2009). Por se tratar do estudo da possível implantação de uma nova política pública, que geralmente envolve mais do que uma decisão, requer diversas ações estrategicamente selecionadas para implementar as decisões tomadas (RUA, 2009).

Propor-se-á neste artigo o desenvolvimento de um modelo de simulação computacional para avaliação dos impactos financeiros envolvidos com a coleta de resíduos sólidos urbanos e a reciclagem no Município de Cacequi/RS. A utilização de um modelo facilita a observação e análise dos resultados, bem como a projeção de cenários idealizados, auxiliando tanto na tomada de decisão para investimento por parte do Executivo Municipal, quanto no estímulo e difusão desta prática na comunidade.

Para a construção do modelo de simulação computacional, utilizaram-se informações obtidas com o Departamento de Meio Ambiente Municipal, com o Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente e estudos desenvolvidos na área. Grande parte dos dados foi extraído do projeto básico do processo licitatório do serviço de coleta e destinação de resíduos sólidos urbanos, referentes a uma população urbana de 10.940 habitantes, com geração per capita diária de 0,4 kg de resíduos sólidos descartados.

O artigo está organizado da seguinte forma: uma breve Introdução, seção 1; na seção 2, é descrito o referencial teórico para o desenvolvimento do estudo, sendo apresentados os conceitos sobre a legislação referente ao assunto, os dados municipais utilizados na construção do modelo de simulação computacional e a Dinâmica de Sistemas; na seção 3, é apresentado o método de pesquisa utilizado para desenvolvimento do artigo; na seção 4, apresenta-se o modelo de simulação de cenários, as variáveis componentes e suas interações e a validação do modelo; na seção 5, são apresentados os resultados apurados por meio da simulação dos cenários propostos, e a análise das principais variáveis do modelo (custo total mensal coleta de resíduos; resíduo sólido urbano; e ganho bruto com reciclagem); e, por fim, na seção 6, são apresentadas as conclusões sobre o estudo desenvolvido.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para o desenvolvimento desse artigo, utilizou-se a simulação computacional por meio da Dinâmica de Sistemas para avaliação dos benefícios socioeconômicos da implantação e fomento à práticas de reciclagem de resíduos sólidos urbanos no município de Cacequi/RS, bem como as principais políticas referentes ao tema em análise, que demonstram o quanto é complexo e importante o debate sobre o assunto.

2.1 Política nacional de resíduos sólidos

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) foi instituída pela Lei Federal nº. 12.305 e regulamentada pelo Decreto nº 7.404, de 2010 (BRASIL, 2010), da Presidência da República. Os textos abordam a gestão e manejo dos resíduos sólidos, por meio de diretrizes que norteiam a gestão e o gerenciamento de resíduos. Esta legislação define os princípios a serem seguidos e os objetivos a serem alcançados por meio de práticas e processos que enfatizam: a) não geração; b) redução na fonte; c) reutilização; d) reciclagem; e) tratamento dos resíduos sólidos; e f) disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (Decreto nº 7.404/2010, Artigo 35).

A PNRS desenvolveu o conceito de gestão integrada de resíduos, cabendo a cada ente, governo federal, estadual e municipal, incluindo toda a cadeia de produção e consumo, a responsabilidade de desenvolver ações conjuntas voltadas à busca de soluções para o manejo dos resíduos sólidos, ou seja, pela gestão do ciclo de vida dos produtos (BRASIL, 2010).

A Lei Federal nº. 12.305 estabelece em seu artigo 19 a formulação do plano municipal de gestão integrada de resíduos, bem como seus requisitos mínimos. Isto significa que cada município, antes de determinar qualquer forma de eliminação e destinação final dos resíduos, deve adotar uma política de redução na fonte, e privilegiar formas de tratamento, como reciclagem e compostagem (IPEA, 2012).

De acordo com Godoy (2013), embora com este conceito de gestão integrada e responsabilidade compartilhada, que divide as atribuições entre o ente público, o setor produtivo e a população, a responsabilidade maior recai sobre as prefeituras. A legislação ressalta a responsabilidade do município em administrar o serviço de manejo dos resíduos sólidos urbanos, além de buscar meios de integração com geradores sujeitos a elaboração dos planos de gerenciamento de resíduos, na observância da logística reversa e na fiscalização desses planos (Lei Federal nº. 12.305/2010, Artigo 20).

Torna-se evidente o comprometimento imposto aos municípios de formular políticas públicas referentes a destinação de resíduos sólidos, muito em função dos problemas causados pelo manejo inadequado. O manejo inadequado desses resíduos gera problemas socioambientais, econômicos e de saúde pública (OLIVEIRA e

JUNIOR, 2016). A gestão e a disposição inadequada dos resíduos sólidos resulta em uma série de impactos socioambientais, sendo estes: incêndios florestais, a contaminação do solo, a poluição dos recursos hídricos, a poluição atmosférica, a proliferação de vetores de doenças e condições insalubres aos catadores (MMA, 2011).

2.2 Coleta seletiva de resíduos sólidos

A PNRS prevê a prática da coleta seletiva, sendo esta definida como um de seus principais instrumentos, tendo prioridade na captação de recursos junto a União, tamanha a sua importância (Lei Federal nº. 12.305/2010, Artigos 8º e 18).

Para Neto (2011) a lei contempla os instrumentos necessários ao auxílio do funcionamento da logística reversa e o fortalecimento e fomento a participação dos catadores de materiais recicláveis nos planos de gestão dos resíduos sólidos, sendo esta uma forma de promover inclusão social e econômica dos mesmos.

A coleta seletiva de materiais recicláveis é uma das formas de redução dos resíduos sólidos. O reaproveitamento e a redução do descarte inadequado contribuem de forma direta com a sustentabilidade urbana e com o equilíbrio socioambiental (BESEN, 2011). Os principais mecanismos de ação da PNRS, referentes à coleta seletiva e a logística reversa dos resíduos, enfatizam e priorizam a participação constante dos catadores de resíduos e suas cooperativas nas decisões estratégicas. (Neto, 2011).

Para Besen (2011) a coleta seletiva engloba o seguinte conjunto de atividades: 1) a coleta domiciliar porta a porta e/ou a utilização de pontos fixos para recebimento de vários tipos de materiais recicláveis, que devem ficar devidamente separados, 2) a separação e beneficiamento dos materiais recicláveis, e 3) a venda/comercialização desses materiais para empresas especializadas.

A ABRELPE, em pesquisa realizada em 2016, projetou-se que 3.878 municípios implantaram alguma iniciativa voltada a coleta seletiva, o que equivale a 56% dos municípios brasileiros. A pesquisa também aponta que na região sul aproximadamente 88,6% dos municípios possuem alguma prática neste sentido. A ABRELPE esclarece que nem todos os municípios a coleta abrange a totalidade da extensão territorial (ABRELPE, 2016).

Estimativas apontam para uma geração de resíduos sólidos urbanos no país em torno de 160 mil toneladas diárias, em que cerca de 30% a 40% são considerados passíveis de reaproveitamento e reciclagem, sendo que algumas pesquisas apontam que o país encaminha apenas 13% para reciclagem (IPEA, 2017). Torna-se evidente o potencial de exploração desta atividade como fonte de geração de emprego e renda. Segundo o IPEA (2017), os benefícios econômicos poderiam ser seis vezes maiores comparando com o cenário atual. O ganho torna-se ainda maior se consideramos os benefícios socioambientais.

Todo este potencial precisa ser explorado pelos municípios, por meio de parcerias e incentivo à organização dos catadores. Estudos apontam que a implantação desta iniciativa única e exclusivamente pelo município encarece 4,5 vezes mais o custo da coleta convencional (CEMPRE, 2014). Desta forma, é preciso incentivar e auxiliar o setor privado a buscar esta atividade como fonte de receita, pois além de reduzir o dano ao meio ambiente torna-se um fonte considerável de geração de riqueza e inclusão social e, ainda, reduzir os gastos públicos com o manejo e descarte de resíduos sólidos. Torna-se necessário também potencializar os ganhos referentes a essa atividade. Um dos principais instrumentos a serem utilizados é a implantação de programas de coleta seletiva nos municípios (IPEA, 2017).

2.3 Plano municipal de gerenciamento de resíduos sólidos (PMGRS)

O PMGRS do Município de Cacequi foi desenvolvido em 2012 e visa atender as normas estabelecidas pela PNRS. Este Plano visa implantar ferramentas de planejamento e gestão para a melhoria das condições ambientais e da qualidade de vida da população cacequiense (CACEQUI, 2012).

Os serviços objeto do PMGRS compreendem o manejo de resíduos sólidos, ou seja, conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico, industrial e do lixo originário de varrição, limpeza de logradouros, vias públicas e recuperação de área degradada, inclusive os resíduos da construção civil e de saúde (CACEQUI, 2012).

Segundo o PMGRS (2012), duas metas que se referem diretamente ao tema abordado neste trabalho, demonstrando a necessidade do Município de Cacequi estimular e incentivar práticas de reciclagem, sendo que a primeira reafirma o

compromisso com a redução, reutilização, coleta seletiva e reciclagem, entre outros processos, com vistas a reduzir a quantidade de rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada; e a segunda, visa implementar formas e limites de participação do poder público local na coleta seletiva e na logística reversa, e outras ações relativas à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos.

2.4 Coleta de resíduos sólidos urbanos no município de Cacequi/RS

A Prefeitura Municipal de Cacequi terceiriza o serviço de coleta e destinação de resíduos sólidos. O custo aproximado anual com esta atividade é de R\$ 620.000,00 segundo informação do sistema de transparência municipal. Em 2018 o projeto básico do certame licitatório foi montado com base na Orientação Técnica Serviços de Coleta de Resíduos Sólidos Domiciliares, elaborada pela Direção de Controle e Fiscalização Supervisão de Auditoria Municipal do Tribunal de Contas do Estado - TCE/RS. Este documento é acompanhado por uma planilha eletrônica para formação de preço mensal da coleta e estes arquivos estão disponíveis para download no site do Tribunal de Contas (TCE/RS, 2017).

A Orientação Técnica do TCE/RS foi elaborada por meio de estudo desenvolvido com base nas informações das auditorias e do Sistema LicitaCon (sistema informatizado desenvolvido para controle e monitoramento das licitações e contratos administrativos municipais). Segundo o TCE/RS o estudo foi resultado do significativo número de apontamentos nas auditorias, identificando relevantes inconformidades formais e justificando pedidos de ressarcimento que alcançam valores elevados.

De acordo com TCE/RS os contratos que englobam os serviços de coleta, transporte e destinação final dos resíduos sólidos urbanos, no exercício de 2016, ultrapassaram 600 milhões de reais no Rio Grande do Sul. Devido aos valores expressivos envolvidos nos contratos, surgiu a necessidade de auxiliar os municípios na formação dos processos licitatórios (TCE/RS, 2017).

O documento traz orientações sobre a elaboração do projeto, contratação e fiscalização. Para este estudo, o foco está na formação dos custos mensais da coleta de resíduos sólidos urbanos. O custo mensal é formado por 6 itens principais: 1) Mão-

de-obra; 2) Uniformes e Equipamentos de Proteção Individual; 3) Veículo e Equipamentos; 4) Ferramentas e Materiais de Consumo; 5) Monitoramento da Frota; 6) Benefícios e Despesas Indiretas - BDI (TCE/RS, 2017). O Departamento de Meio Ambiente do município, responsável pela elaboração do projeto básico, definiu os valores da planilha com base na estrutura municipal, informações das licitações anteriores e indicadores de órgãos oficiais (piso salarial, índices de reajuste, margem de lucros e outros custos praticados no mercado).

O custo mensal apurado pelo Departamento de Meio Ambiente atingiu o montante aproximado de R\$ 40.464,42, sendo R\$ 25.761,06 referentes aos serviços envolvidos na coleta e R\$ 14.703,36 relativo a destinação dos resíduos, conforme apresentado nas Tabelas 1, 2 e 3 que constam no processo licitatório Edital de Concorrência nº 01/2018 - Processo nº 30.61.2018, publicada em julho de 2018 (Cacequi, 2018).

A Tabela 1 apresenta todos os serviços relacionados com o custo da coleta de resíduos sólidos urbanos. Este orçamento segue as normas previstas na orientação técnica desenvolvida pelo Tribunal de contas do Estado e refere-se aos custos referentes a uma equipe de coleta.

Tabela 1- Custo do serviço de coleta

DESCRIÇÃO DO ITEM	Custo (R\$/mês)
1. PREÇO TOTAL MENSAL SERVIÇO DE COLETA	R\$ 18.861,43
1.1. Mão-de-obra	R\$ 10.111,58
1.2. Uniformes e Equipamentos de Proteção Individual	R\$ 188,34
1.3. Veículos e Equipamentos	R\$ 4.088,79
1.4 Ferramentas e Materiais de Consumo	R\$ 147,95
1.5. Monitoramento da Frota	R\$ 69,88
1.6. Benefícios e Despesas Indiretas - BDI	R\$ 4.254,89
2. TRANSBORDO E TRANSPORTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS	R\$ 6.899,63
2.1. Mão-de-obra	R\$ 723,65
2.2. Uniformes e Equipamentos de Proteção Individual	R\$ 5,02
2.3. Veículos e Equipamentos	R\$ 4.595,86
2.4. Monitoramento da Frota	R\$ 18,63
2.5. Benefícios e Despesas Indiretas - BDI	R\$ 1.556,46
TOTAL	R\$ 25.761,06

Fonte: Processo Licitatório Edital de Concorrência nº 01/2018 - Processo nº 30.61.2018 - Cacequi/RS

Na Tabela 2, temos a projeção da produção estimada mensal de resíduos sólidos urbanos. Os valores baseiam-se nos dados dos últimos processos licitatórios. Como a coleta destina-se apenas a parte urbana, foi descontada a população rural do município.

Tabela 2 - Produção de resíduos sólidos urbanos

PRODUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS MENSAL		
Indicador	Unid	Valor
População (H)	Hab.	10.940
Geração per capita (G)	Kg/hab./dia	0,400
Geração total diária (Qtd)	Ton./dia	4,38
Geração Mensal	Ton.	131,28

Fonte: Processo Licitatório Edital de Concorrência nº 01/2018 - Processo nº 30.61.2018 - Cacequi/RS

O custo com a destinação está apresentado na Tabela 3, que segue o valor praticado pelo mercado, tendo em vista a especificidade do serviço, com base na produção estimada de resíduos, de 131,28 toneladas mensais.

Tabela 3 - Custo destinação resíduos sólidos urbanos

CUSTO DA DESTINAÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS				
POPULAÇÃO (H)	10.940	Geração per capita (G)		0,4
DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QTD	R\$ UNIT.	SUBTOTAL
Custo unitário p/ ton. para destino final	Ton.	1	R\$ 112,00	R\$ 112,00
Total de rejeitos em ton. por mês	Ton.	131,28	R\$ 112,00	R\$ 14.703,36
Total mensal para destinação final				R\$ 14.703,36

Fonte: Processo Licitatório Edital de Concorrência nº 01/2018 - Processo nº 30.61.2018 - Cacequi/RS

Fica evidente que a utilização da Orientação Técnica do TCE/RS proporcionou uma economia considerável se compararmos com o valor atual contratado para o serviço, redução aproximada de R\$ 130.000,00 ao ano. Por se tratar de uma despesa contínua para o município, devido ao caráter de serviço essencial à comunidade, a busca por iniciativas que proporcionem maior eficiência logística e financeira torna-se uma meta a ser seguida, sendo a reciclagem um dos mecanismos que podem agregar valor a este processo.

2.4.1 Reciclagem de resíduos sólidos urbanos no Município de Cacequi

Como vimos, a coleta seletiva de resíduos é a separação diferenciada de resíduos que foram previamente separados segundo a sua constituição ou composição. De acordo com a PNRS, a implantação da coleta seletiva é obrigação dos municípios e metas referentes à coleta seletiva fazem parte do conteúdo mínimo que deve constar nos planos de gestão integrada de resíduos sólidos dos municípios (MMA, 2011).

Devido à implantação integral do processo de coleta seletiva, unilateralmente pelos municípios, demandar um investimento alto, a proposta do Conselho Municipal

de Defesa do Meio Ambiente - CONDEMA foca na hipótese de implantação de um sistema de incentivo aos catadores locais, tendo como contrapartida o Município de Cacequi/RS e do próprio fundo de meio ambiente o investimento em contêineres ou recipientes exclusivos para depósito desses materiais pela população e campanhas de conscientização dos benefícios da reciclagem, bem como recursos para locação de imóvel para acomodação do material e deste modo iniciando o processo da coleta seletiva de resíduos sólidos.

Segundo informações do Departamento de Meio Ambiente do Município de Cacequi, existem aproximadamente 20 pessoas que exploram a atividade de coleta de resíduos recicláveis no município. Estas pessoas coletam os materiais em contêineres dispersos pela cidade (100 contêineres no total), entrando em contato direto com o lixo doméstico descartável, fator de altíssimo risco à saúde.

Para projetar as vantagens envolvidas com a implantação de um programa de incentivo à reciclagem, mensurando os ganhos financeiros potenciais dos catadores, cooperados ou não, e a redução do investimento da prefeitura com a destinação dos rejeitos, as simulações tiveram como base a análise dos valores do orçamento que podem ser afetadas (reduzidas) por meio desta prática.

Os cenários simulados para o cálculo aproximado dos ganhos financeiros seguiram os percentuais apresentados pelo IPEA (2017), de 13%, 30% e 40% de resíduos passíveis de reciclagem do total estimado de 131,28 toneladas mensais produzidas pelo município (Tabela 2). Do total de resíduo sólido, estima-se que sua composição gravimétrica seja: 57,41% de matéria orgânica (sobras de alimentos, alimentos deteriorados, lixo de banheiro), 16,49% de plástico, 13,16% de papel e papelão, 2,34% de vidro, 1,56% de material ferroso, 0,51% de alumínio, 0,46% de inertes e 8,1% de outros materiais (Besen, 2011). Para o cálculo, foram utilizados os principais produtos coletados pelos catadores, seguindo informações do Departamento de Meio Ambiente do Município de Cacequi/RS: plástico, material ferroso, papéis e alumínio, incluindo o investimento estimado mensal do município de incentivo à iniciativa, conforme valores e indicadores apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Cenários simulados

Indicadores	Un.	Valores	Fonte
Período	mês	12	-
Reciclagem/tonelada/mês	%	13%, 30% e 40%	IPEA, 2017
Material Reciclável	%	16,49% de plástico, 13,16% de papel e papelão, 2,34% de vidro, 1,56% de material ferroso, 0,51% de alumínio.	Besen, 2011
Investimento Público mensal	R\$	R\$ 1.500,00 reais mês Prefeitura, R\$ 1.500,00 CONDEMA (recipientes para recebimento de materiais, programas de incentivo e outros investimento necessários), a partir do início da reciclagem.	Depto Meio Ambiente, CONDEMA

Fonte: Autor

O valor dos materiais foram definidos com base nas informações do site CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem, que utiliza informações do preço de venda dos recicláveis praticados por cooperativas e programas de coleta seletiva nas capitais. Produtos de mesma classe utilizou-se o preço médio; exemplo, Papeis = preço médio dos valores de papelão e papel branco, sendo o resultado apresentado, para os itens pesquisados, na Tabela 5.

Tabela 5 - Materiais recicláveis - preço por quilograma

Material	Unidade	Valor
Papeis	Kg	0,44
Materiais Ferroso	Kg	0,16
Plásticos	Kg	2,7
Alumínio	Kg	1,03

Fonte: Site CEMPRE (<http://cempre.org.br/cempre-informa/id/9/preco-do-material-reciclavel>)

Os valores apresentados foram utilizados na construção do modelo de simulação computacional, com base na dinâmica de sistemas, possibilitando simular os cenários e comparar seus resultados.

2.5 Dinâmica de sistemas

A metodologia de Dinâmica de Sistemas foi desenvolvida por Jay Forrester e possibilita investigar o comportamento de um sistema ao longo do tempo; ou seja, testar os diferentes tipos de comportamento que o sistema pode assumir, facilitando deste modo a identificação e avaliação de melhorias potenciais, auxiliando na tomada de decisão (SIMONETTO et al., 2016).

Esta metodologia é utilizada em diversos centros de pesquisa, sendo que já foram desenvolvidos softwares que contemplam as estruturas da Dinâmica de Sistemas, como por exemplo o Vensim (VENTANA SYSTEMS, 2016). A estrutura de modelos é composta por dois componentes principais, estoque e fluxos: os estoques são as variáveis do modelo que são acumuladas no sistema; e os fluxos são as decisões ou políticas do sistema, que podem estar organizados em relações de causa e efeito, *feed-back*, ou de reforço, sujeitas a alterações no sistema em análise (SIMONETTO et al., 2016).

A fim de medir os impactos e resultados da modelagem proposta, este método foi utilizado porque vai ao encontro do objetivo principal, de avaliar em um horizonte de tempo as possibilidades e os benefícios socioambientais da adoção e estímulo a práticas de reciclagem, simulando os cenários possíveis de serem adotados, reproduzindo comportamentos e resultados e, deste modo, facilitando a avaliação dos impactos gerados.

3 MÉTODO DE PESQUISA

Este trabalho pretende através de uma pesquisa descritiva quantitativa avaliar os impactos do estímulo e fomento do processo de reciclagem no Município de Cacequi, por meio do desenvolvimento de um modelo de simulação computacional, metodologia apresentada por Law (2015) para modelagem e simulação de sistemas, utilizada no trabalho apresentado por Simonetto (2016) que trata da construção de um modelo de dinâmica de sistemas para avaliação do reaproveitamento de resíduos eletrônicos.

O método é constituído pelos seguintes passos: 1 - estudos exploratórios em artigos científicos, relatórios e orientações técnicas, bem como da legislação referente ao assunto; 2 - coleta de informações e documentos, entrevistas e reuniões com os servidores do Departamento de Meio Ambiente do Município de Cacequi e com os integrantes do Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente - CONDEMA, e posterior tratamento dos dados; 3 - definição dos cenários a serem analisados, desenvolvimento da solução, definição das variáveis, seus relacionamentos e equações; 4 - implementação computacional da solução idealizada no simulador Vensim (VENTANA SYSTEMS, 2016) da área de Dinâmica de Sistemas; 5 - validação

dos resultados dos cenários propostos por meio da análise dos valores apresentados em conjunto com os integrantes do Departamento de Meio Ambiente do Município de Cacequi, valendo-se de cálculos matemáticos e planilhas criadas pelos próprios servidores que já buscavam projetar tais situações, possibilitando a comparação entre os dados.

O dados primários para as entradas do modelo foram coletados na instituição, extraídos do projeto básico da licitação de coleta e destinação de resíduos sólidos, para desenvolvimento e validação do referido modelo. Os valores e percentuais definidos para as demais variáveis componentes do modelo foram retirados de estudos e relatórios realizados pelo IPEA (2017), BESEN (2011) e publicados pelo site CEMPRE, dentre outros materiais referenciados neste trabalho. Os cenários projetados no modelo de simulação foram definidos com base em estudos relacionados ao tema abordado, reciclagem de resíduos sólidos, atendendo ao pedido da situação proposta, de estabelecer as hipóteses referentes a quanto o aumento percentual de reciclagem impacta na redução da quantidade e custos com o descarte de resíduo sólidos urbanos; qual o custo total com o serviço de coleta e investimento em reciclagem e a receita bruta possível gerada pelo estímulo a este processo (reciclagem).

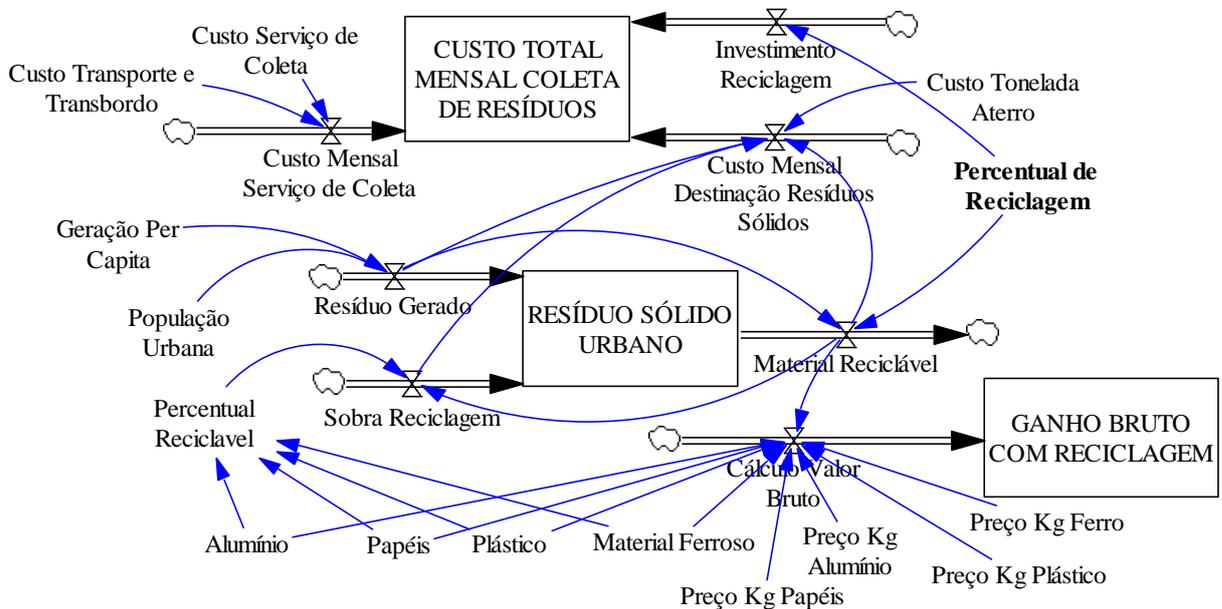
4 DESENVOLVIMENTO DO MODELO COMPUTACIONAL

Devido à grande preocupação que envolve a coleta e destinação dos resíduos sólidos, muito em função dos prejuízos ambientais e da exposição dos catadores a materiais contaminantes, torna-se necessário adotar ações que minimizem estes impactos. O potencial de exploração financeira dos resíduos recicláveis aliado a outras vantagens como a inclusão social e redução dos danos ambientais, promove grande debate sobre o tema, em função da legislação pertinente ao assunto e dos custos envolvidos na implantação do sistema de coleta seletiva de resíduos recicláveis, como vimos anteriormente.

A utilização de um modelo de simulações de hipóteses visa projetar, por meio das variáveis definidas, os resultados possíveis dentro de um horizonte de tempo. Projetando as variáveis definidas para cada cenário do modelo podemos analisar as hipóteses simuladas. Os cenários projetados foram definidos com base nas

informações sugeridas pelo Departamento de Meio Ambiente e pelo Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente de Cacequi/RS, no intuito de melhor demonstrar as possibilidades ao Executivo Municipal, incentivando-o a fomentar a prática do processo de reciclagem no Município de Cacequi/RS. Através do sistema de simulações construído, podemos definir outros cenários a serem avaliados, facilitando a tomada de decisão quanto aos investimentos e vantagens possíveis com o desenvolvimento do processo de reciclagem. O horizonte de tempo definido para simulação foi o período de 12 meses.

Figura 1 - Diagrama da Dinâmica de Sistema de simulação de cenários



Fonte: Autor

O modelo apresentado na Figura 1 visa a demonstrar os principais aspectos envolvidos com a coleta de resíduos sólidos urbanos, sendo utilizado o simulador Vensim (VENTANA SYSTEMS, 2016), da área de dinâmica de sistemas para sua construção.

As variáveis definidas para o sistema seguiram as especificações das informações constantes nas Tabelas 1, 2 e 3, valores definidos para construção do projeto básico do processo de licitação do serviço de coleta e destinação de resíduos sólidos. Informações das Tabelas 4 e 5 foram definidas por meio da coleta de informações de periódicos e publicações de entidades especializadas no assunto.

Para melhor entender a dinâmica entre as variáveis, analisaremos a interação e fluxo dos dados no sistema projetado. A variável "CUSTO TOTAL MENSAL COLETA DE RESÍDUOS", acumula os valores referentes ao custo do serviço de coleta de resíduos sólidos. Esta variável é alimentada por valores fixos e valores que variam conforme o cenário projetado. Os valores das variáveis Veículos e Equipamentos, Mão de Obra, Uniformes e Equipamentos de Proteção Individual, Ferramentas e Materiais de Consumo, Monitoramento da Frota, Benefícios e Despesas Indiretas -BDI, que alimentam a variável Custo Mensal Serviço de Coleta, são variáveis que receberam os valores pré-definidos da Tabela 1, orçados pelo Departamento de Meio Ambiente, com base na Orientação Técnica do TCE/RS (TCE/RS, 2017). A variável Custo Mensal Destinação de Resíduos Sólidos assume valores que mudam conforme o cenário projetado. A variável Investimento Reciclagem refere-se ao investimento projetado para fomento da reciclagem no município e seu uso foi idealizado para mecanismo de entrada de inclusão de outros valores referentes a investimento em novos cenários.

A variável "RESÍDUO SÓLIDO URBANO" acumula os valores das variáveis Resíduo Gerado, composta pelas variáveis Geração Per capita e População Urbana e pela variável Sobras Reciclagem que calcula o percentual de resíduos passíveis de reciclagem mas que não foram incluídos no sistema de simulação, como por exemplo, o vidro, material que não é recolhido pelos catadores. A variável Material Reciclável se altera conforme o percentual de reciclagem projetado (13%, 30% e 40%, Tabela 4), reduzindo o valor acumulado pelas demais variáveis que compõem o " RESÍDUO SÓLIDO URBANO".

Por fim, a variável "GANHO BRUTO COM RECICLAGEM" acumula o valor da variável Cálculo Valor Bruto que realiza os cálculos com base nos percentuais e valores definidos para os materiais recicláveis projetados no sistema, variáveis Alumínio, Papéis, Plásticos e Materiais Ferrosos e seus valores por quilograma, conforme Tabela 5.

As projeções dos cenários pretendidos são comandadas pela variável Percentual de Reciclagem que assume os valores a serem analisados, sendo a variável principal do sistema de simulação. Os valores adotados foram 0% de reciclagem situação atual do município, 13%, 30% e 40% de reciclagem conforme cenários possíveis segundo o estudo do IPEA (2017). Para melhor detalhar o

diagrama construído, na Figura 2 podem ser observadas as principais variáveis que compõem o sistema, bem como suas inter-relações.

Figura 2 - Inter-relação das principais variáveis do sistema



Fonte: Autor

4.1 Avaliação do modelo

A avaliação e verificação do modelo de simulação é um fator importante para validar o estudo. Para isso foram utilizados valores apresentados com base nos estudos e periódicos referentes ao assunto e valores informados pelo próprio Município de Cacequi. Os resultados foram analisados e validados pelo Departamento de Meio Ambiente e CONDEMA, sendo estes considerados satisfatórios.

A utilização de um modelo de simulado computacional, facilita a manipulação das variáveis que podem ser incluídas e alteradas conforme a necessidade do cenário analisado, fato que traz inúmeras vantagens, quanto ao tempo de análise dos resultados e validação da tomada de decisão com base nestes. A Figura 3 apresenta as variáveis, os valores e as funções utilizadas no modelo de simulação, facilitando a análise e validação do sistema de simulação.

Figura 3 - Valores e equações do modelo de simulação

```
(01) Custo Serviço de Coleta = 18861.4 (R$)
(02) Custo Transporte e Transbordo = 6899.63 (R$)
(03) Custo Mensal Serviço de Coleta = Custo Serviço de Coleta + Custo Transporte e Transbordo
(04) Custo Tonelada Aterro = 112 (R$)
(05) População Urbana = 10940 (Hab)
(06) Geração Per Capta = 0.4 (Kg)
(07) Percentual de Reciclagem = Percentual de Reciclagem (0, 13%, 30%, 40%)
(08) Resíduo Gerado = (((Geração Per Capta*População Urbana)*30)/1000)
(09) Investimento Reciclagem=
    IF THEN ELSE(Percentual de Reciclagem>0,
    ((3000))
    , 0)
(10) Custo Mensal Destinação Resíduos Sólidos=
    (Resíduo Gerado-(Material Reciclável-Sombra Reciclagem))*Custo Tonelada Aterro
(11) Sombra Reciclagem= Material Reciclável-(Material Reciclável*(Percentual Reciclável/100))
(12) RESÍDUO SÓLIDO URBANO= INTEG (Resíduo Gerado+Sombra Reciclagem-Material Reciclável,
    Resíduo Gerado+Sombra Reciclagem-Material Reciclável)
(13) CUSTO TOTAL MENSAL COLETA DE RESÍDUOS= INTEG (
    Custo Mensal Destinação Resíduos Sólidos+Custo Mensal Serviço de Coleta
    +Investimento Reciclagem,
    Custo Mensal Destinação Resíduos Sólidos+Custo Mensal Serviço de Coleta
    +Investimento Reciclagem)
(14) Papéis = 13.16 (%)
(15) Alumínio= 0.51 (%)
(16) Plástico = 16.49 (%)
(17) Material Ferroso = 1.56 (%)
(18) Percentual Reciclável = Alumínio+Material Ferroso+Papéis+Plástico
(19) Material Reciclável=
    IF THEN ELSE(Percentual de Reciclagem>0,
    ((Resíduo Gerado*(Percentual de Reciclagem/100)))
    , 0)
(20) Preço Kg Alumínio = 2.7 (R$)
(21) Preço Kg Ferro = 0.16 (R$)
(22) Preço Kg Papéis = 0.44 (R$)
(23) Preço Kg Plástico = 1.03 (R$)
(24) Cálculo Valor Bruto=
    (((Material Reciclável*(Alumínio/100))*1000)*Preço Kg Alumínio)+(((Material Reciclável
    *(Material Ferroso/100))*1000)*Preço Kg Ferro)+(((Material Reciclável*(Papéis
    /100))*1000)*Preço Kg Papéis)+(((Material Reciclável*(Plástico/100))*1000
    )*Preço Kg Plástico)
(25) GANHO BRUTO COM RECICLAGEM = INTEG (
    cálculo valor Bruto,
    cálculo valor Bruto)
```

Fonte: Autor

Os resultados e a análise dos cenários gerados no modelo computacional serão apresentados por meio de gráficos e tabelas detalhadas na seção a seguir.

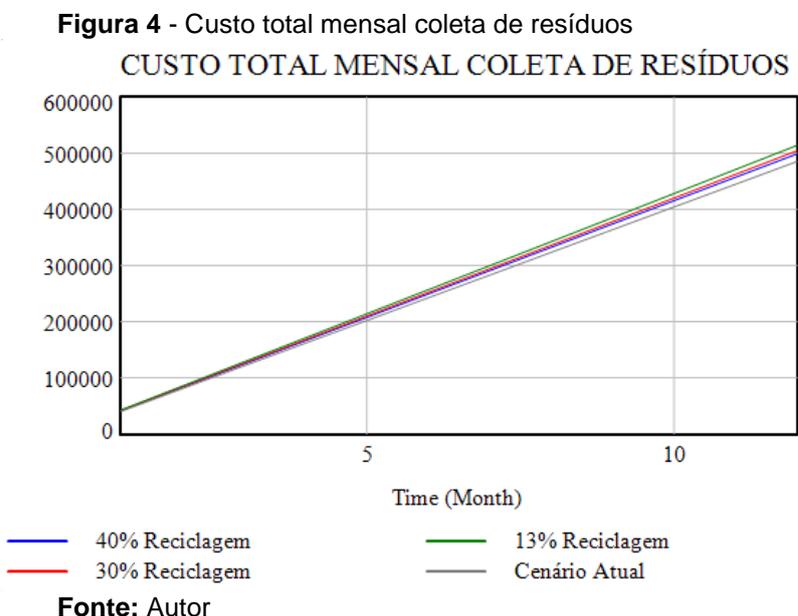
5 EXPERIMENTO E RESULTADOS DA SIMULAÇÃO

Foram simulados quatro cenários definidos com base nos estudos apresentados sobre o assunto (IPEA, 2017; Besen 2011), conforme Tabela 4, analisadas as variáveis: CUSTO TOTAL MENSAL COLETA DE RESÍDUOS; RESÍDUO SÓLIDO URBANO; e GANHO BRUTO COM RECICLAGEM.

5.1 Custo total mensal da coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos

Com base nas simulações projetadas percebemos que com a aplicação dos percentuais referentes, a reciclagem tivemos um aumento se compararmos com o cenário atual. Isso em função de valor de R\$ 3.000,00 definido como investimento à prática e desenvolvimento de políticas de fomento à reciclagem. Os cenários que mais se destacam são 13% de reciclagem e 40% de reciclagem, pois assumem variações

que demonstram que, por meio do aumento da prática de reciclagem, podemos reduzir o custo do seu investimento situação evidenciada na Figura 4.



As variações e os valores são apresentados e podem ser analisados na Tabela 6, que demonstra a interação entre os cenários simulados. O aumento no custo total ocorre em função do valor de investimento em reciclagem, sendo reduzido conforme aumenta o percentual de materiais reciclados.

Tabela 6 - Custo total mensal coleta de resíduos

CUSTO TOTAL MENSAL COLETA DE RESÍDUOS - ACUMULADO				
Mês	Reciclagem 40%	Reciclagem 30%	Reciclagem 13%	Cenário Atual
1	R\$ 41.598,80	R\$ 42.065,20	R\$ 42.858,10	R\$ 40.464,42
2	R\$ 83.197,70	R\$ 84.130,40	R\$ 85.716,20	R\$ 80.928,82
3	R\$ 124.796,00	R\$ 126.196,00	R\$ 128.574,00	R\$ 121.393,24
4	R\$ 166.395,00	R\$ 168.261,00	R\$ 171.432,00	R\$ 161.857,66
5	R\$ 207.994,00	R\$ 210.326,00	R\$ 214.290,00	R\$ 202.322,08
6	R\$ 249.593,00	R\$ 252.391,00	R\$ 257.149,00	R\$ 242.786,50
7	R\$ 291.192,00	R\$ 294.457,00	R\$ 300.007,00	R\$ 283.250,92
8	R\$ 332.791,00	R\$ 336.522,00	R\$ 342.865,00	R\$ 323.715,34
9	R\$ 374.389,00	R\$ 378.587,00	R\$ 385.723,00	R\$ 364.179,76
10	R\$ 415.988,00	R\$ 420.652,00	R\$ 428.581,00	R\$ 404.644,18
11	R\$ 457.587,00	R\$ 462.717,00	R\$ 471.439,00	R\$ 445.108,60
12	R\$ 499.186,00	R\$ 504.783,00	R\$ 514.297,00	R\$ 485.573,02

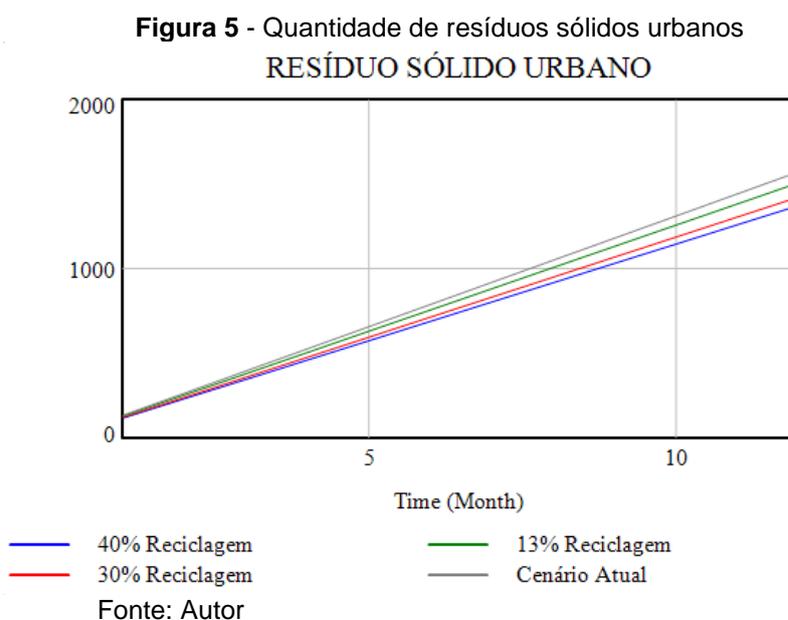
Fonte: Autor

Tal situação demonstra vantagens com a reciclagem, pois mesmo com o valor adicional em investimento o estímulo a prática reduz gradativamente o custo total pela redução da quantidade do resíduo descartado.

5.2 Quantidade de resíduos sólidos urbanos

A geração de resíduos sólidos urbanos é um dos fatores principais na análise dos cenários projetados, em função dos impactos socioambientais envolvidos. Fica evidente a redução da geração de resíduos descartáveis em função da prática da reciclagem. Esta diminuição poderia ser maior se considerarmos integralmente os percentuais aplicados, porém como não utilizamos todos os processo de reciclagem possíveis (compostagem, reciclagem de vidro, dentre outros materiais), o percentual referente a estes resíduos passíveis de reciclagem foram considerados como rejeitos e adicionados ao resíduo descartável total.

Os valores foram calculados em toneladas considerando uma população de 10.940 mil habitantes e uma produção de resíduos per capita de 0,4 kg por dia, conforme Tabela 2. A redução de resíduos é proporcional ao aumento do processo de reciclagem, conforme podemos analisar na Figura 5.



Se compararmos os dois cenários extremos, o Atual sem reciclarem e o de 40 % de Reciclagem, chegamos a 199,88 toneladas de redução no período de 12 meses,

valor maior que o estimado de produção de resíduos mensal de 131,28 toneladas, apresentado na Tabela 3. Na Tabela 7 podemos analisar detalhadamente a redução potencial, conforme os percentuais de reciclagem simulados, dos resíduos sólidos urbanos, demonstrando o quanto é importante a adoção de tal prática.

Tabela 7 - Quantidade de resíduos sólidos urbanos

RESÍDUO SÓLIDO URBANO (Tonelada) - ACUMULADO				
Mês	Reciclagem 40%	Reciclagem 30%	Reciclagem 13%	Cenário Atual
1	114,62	118,79	125,87	131,28
2	229,25	237,57	251,73	262,56
3	343,87	356,36	377,60	393,84
4	458,49	475,15	503,47	525,12
5	573,12	593,94	629,33	656,40
6	687,74	712,72	755,20	787,68
7	802,36	831,51	881,07	918,96
8	916,99	950,30	1006,93	1050,24
9	1031,61	1069,09	1132,80	1181,52
10	1146,23	1187,87	1258,67	1312,80
11	1260,85	1306,66	1384,53	1444,08
12	1375,48	1425,45	1510,40	1575,36

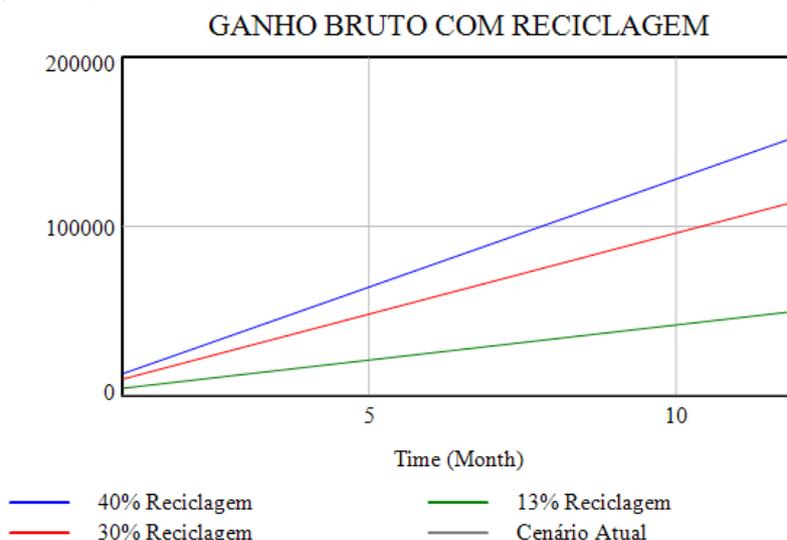
Fonte: Autor

A diminuição da quantidade de rejeitos, além de proporcionar redução do custo do serviço de coleta e destinação dos resíduos, também possui impacto em dois fatores de grande importância, produzindo um ganho socioambiental, pela redução de poluentes no meio ambiente, e um ganho potencial pela comercialização dos materiais passíveis de reciclagem.

5.3 Resultado apurado com a reciclagem

A variável mais importante dos cenários simulados refere-se ao ganho com a reciclagem, pois está diretamente ligada à redução de rejeitos, à inclusão social e à melhora na qualidade de vida dos catadores. Por mais fácil que seja compreender o mecanismo de interação entre o aumento do percentual de reciclagem e o ganho com esse processo, através do sistema de simulação podemos melhor analisar os resultados, o que facilita a tomada de decisão quanto a importância de incentivar a prática, melhorar as condições e estimular os catadores ao associativismo. A Figura 5 demonstra graficamente o ganho possível com a reciclagem dos materiais analisados, evidenciando o potencial que existe em fomentá-la.

Figura 6 - Resultado apurado com a reciclagem



Fonte: Autor

Na Tabela 8 podemos analisar os cenários projetados. No mais pessimista de 13% de reciclagem, já verifica-se o ganho possível com a reciclagem, que atingiu no período projetado o valor bruto de R\$ 49.973,90, que na condição atual esta sendo perdido. O valor bruto projetado no cenário de 40% de resíduo reciclado atingiu R\$ 153.765,84 no mesmo período, mesmo sem considerar outros resíduos recicláveis que poderiam ser adicionados no modelo e gerarem fontes de receitas.

Tabela 8 - Resultado apurado com a reciclagem

GANHO BRUTO COM RECICLAGEM - ACUMULADO				
Mês	Reciclagem 40%	Reciclagem 30%	Reciclagem 13%	Cenário Atual
1	R\$ 12.813,82	R\$ 9.610,37	R\$ 4.164,49	R\$ 0,00
2	R\$ 25.627,64	R\$ 19.220,73	R\$ 8.328,98	R\$ 0,00
3	R\$ 38.441,46	R\$ 28.831,10	R\$ 12.493,47	R\$ 0,00
4	R\$ 51.255,28	R\$ 38.441,46	R\$ 16.657,96	R\$ 0,00
5	R\$ 64.069,10	R\$ 48.051,83	R\$ 20.822,46	R\$ 0,00
6	R\$ 76.882,92	R\$ 57.662,20	R\$ 24.986,95	R\$ 0,00
7	R\$ 89.696,74	R\$ 67.272,56	R\$ 29.151,44	R\$ 0,00
8	R\$ 102.510,56	R\$ 76.882,93	R\$ 33.315,93	R\$ 0,00
9	R\$ 115.324,38	R\$ 86.493,30	R\$ 37.480,43	R\$ 0,00
10	R\$ 128.138,20	R\$ 96.103,66	R\$ 41.644,92	R\$ 0,00
11	R\$ 140.952,03	R\$ 105.714,03	R\$ 45.809,41	R\$ 0,00
12	R\$ 153.765,84	R\$ 115.324,40	R\$ 49.973,90	R\$ 0,00

Fonte: Autor

Com base nos resultados obtidos, torna-se evidente o potencial de ganho e geração de renda que podem ser obtidos pela reciclagem e que, atualmente, esta

sendo perdido. Neste sentido, cabe ao município incentivar e promover tal prática. Por mais que o custo total com o serviço tenha se elevado em função do investimento projetado, os ganhos socioambientais justificam tal investimento, que por sua vez poderia ser maior se considerarmos a redução obtida pela utilização da Orientação Técnica do Tribunal de Contas do Estado na composição do orçamento sintético do processo licitatório, fato que por si só já justificaria maior investimento na área.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desta pesquisa foi desenvolver, verificar, validar e experimentar um modelo de simulação computacional para avaliação de cenários referentes a adoção de percentuais crescentes de implantação do processo de reciclagem no Município de Cacequi/RS. Os percentuais utilizados nas simulações foram definidos com base em estudos desenvolvidos pelo IPEA (2017) e Besen (2011). Portanto, refletem tanto o potencial de reciclagem por tonelada produzida quanto as composições percentuais dos resíduos passíveis de reciclagem, garantindo desta forma uma aproximação fiel à realidade e conseqüentemente a validação dos resultados apresentados no projeto.

No desenvolvimento do modelo computacional, foram utilizadas uma série de variáveis para simular as condições atuais da geração de resíduos sólidos e os custos envolvidos com a coleta e destinação dos rejeitos. A partir dessas variáveis, o sistema é capaz de estimar os valores dos principais fatores que foram analisados, ou seja, o custo total mensal de coleta de resíduos; a quantidade de resíduo sólido urbano gerado para descarte; e o ganho bruto com reciclagem. Por meio dos resultados gerados pela simulação, os gestores municipais terão o subsídio necessário para tomada de decisão e formulação de políticas públicas voltadas à reciclagem e à redução de rejeitos descartados, em função dos impactos socioambientais gerados.

Os resultados obtidos são condizentes com a realidade do município, o modelo é dinâmico admitindo alteração nas variáveis para adequação do cenário desejado, trazendo-o o mais próximo da realidade. Analisando os resultados obtidos, para os cenários simulados, torna-se evidente que o processo de estímulo à reciclagem produz um ganho considerável, tanto no benefício socioambiental, pela redução de rejeitos descartados, como no financeiro, pela venda dos materiais recicláveis. Estes fatos já eram esperados, porém torna-se evidente que por mais que tais medidas

resultem em um acréscimo no custo total do serviço de coleta e destinação, em função do investimento em políticas voltadas à reciclagem, os ganhos sociais produzidos superam esta condição. Percebe-se também que este aumento de custo é reduzido conforme estimamos percentuais mais elevados de reciclagem. Mas, qualquer percentual de reciclagem simulado é melhor que a condição atual do município, em função da quantidade de resíduos descartados e o valor potencial perdido pela não reciclagem.

As limitações desta investigação referem-se ao fato do modelo ter sido desenvolvido com base em informações e critérios definidos pelos servidores do Departamento e Meio Ambiente do Município de Cacequi/RS, recebendo informações específicas dos mesmos, isto em função do desejo de utilização dos resultados com justificativa para adesão da prática proposta. A falta de generalização não impede que o modelo seja adaptado com as informações de outros municípios, possibilitando a análise de novos cenários.

O modelo construído permite implantação de outras variáveis, tais como, percentuais de reajustes dos valores, novos investimentos na prática de reciclagem, inclusão de outros materiais recicláveis que podem agregar valor e também a estimativa de redução de poluentes no meio ambiente em função da redução de resíduos sólidos descartados no meio ambiente. Estas novas variáveis poderão ser incluídas em outros trabalhos relacionados, inclusive prevendo a possibilidade de medir o impacto financeiro individual na vida dos catadores que participarem do projeto. Tais variáveis não foram incluídas no modelo atual, pois priorizou-se o atendimento às especificações dos servidores municipais, deste modo, atendendo especificamente o objeto do estudo.

7 AGRADECIMENTOS

Agradeço à Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal de Santa Maria e a Universidade Aberta do Brasil - UAB - Pólo Rosário do Sul, pela oportunidade de qualificação e de aperfeiçoamento profissional e em especial, ao meu Orientador, Professor DR. Eugênio de Oliveira Simonetto, ao amigo Glauco Oliveira Rodrigues e ao Professor DR. Gilnei Luiz de Moura -Coordenador do Curso, pela disponibilidade de tempo, dedicação e auxílio nesta etapa.

REFERÊNCIAS

- ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. 2016. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2016.pdf>. Acesso em: 25 maio 2018.
- BESSEN, Gina. **Coleta seletiva com inclusão de catadores**: construção participativa de indicadores e índices de sustentabilidade. 2011. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-28032011-135250/GinaRizpahBesen.php>. Acesso em: 23 mai. 2018.
- BRASIL. **Decreto Federal nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010** - Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm. Acesso em: 25 maio 2018.
- BRASIL. **Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 25 maio 2018.
- CACEQUI. **Plano municipal de gerenciamento de resíduos sólidos de Cacequi/RS**. 2012.
- CACEQUI - **Edital de Concorrência nº 01/2018** - Processo nº 30.61.2018. 2018. Disponível em: <http://www.cacequi.rs.gov.br/pdfs/concorrenca/CONCORRENCIA-01-18-LIXO.pdf>.
- CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem. 2014. **Guia da coleta seletiva de lixo**. Disponível em: <http://cempre.org.br/artigo-publicacao/artigos>. Acesso em: 22 maio 2018.
- DAGNINO, RENATO PEIXOTO. **Planejamento estratégico governamental**. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração / UFSC; [Brasília]: CAPES: UAB, 2009. 166p.
- GODOY, M. B. R. B. Dificuldades para aplicar a Lei da política nacional de resíduos sólidos no Brasil. **Caderno de Geografia**, v. 23, n. 39, p.1–12, 2013.
- IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 2017. A **organização coletiva de catadores de material reciclável no Brasil**: dilemas e potencialidades sob a ótica da economia solidária. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_2268.pdf. Acesso em: 26 maio 2018.
- IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 2012. **Os que sobrevivem do lixo**. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009_relatorio_residuos_solidos_urbanos.pdf. Acesso em: 26 maio 2018.
- LAW, A. M. **Simulation modeling and analysis**. 5. ed. Boston: McGraw-Hill, 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano nacional de resíduos sólidos**. 2012. Disponível em:

http://www.mma.gov.br/estruturas/253/publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf.

Acesso em: 25 maio 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Guia para elaboração dos planos de gestão de resíduos sólidos**. 2011. Disponível em:

http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/arquivos/guia_elaborao_plano_de_gesto_de_resduos_rev_29_nov11_125.pdf. Acesso em: 25 maio 2018.

NETO, T. J. P. A política nacional de resíduos sólidos: os reflexos nas cooperativas de catadores e a logística reversa. **Revista Diálogo**, v. 18, p. 77-96, 2011.

OLIVEIRA, T.B.; GALVÃO JUNIOR, A.C. Planejamento municipal na gestão dos resíduos sólidos urbanos e na organização da coleta seletiva. **Eng Sanit Ambient.**, v.21, n.1, p. 55-64, jan./mar., 2016. <https://doi.org/10.1590/S1413-41520201600100155929>

REIS, P. T. B. *et al.* Gestão de resíduos sólidos urbanos em municípios do Brasil: uma revisão dos métodos de avaliação. **Revista Internacional de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 06, n. 02, p. 137 - 146, jul./dez. 2016. <https://doi.org/10.12957/ric.2016.20753>

RUA, Maria das Graças. **Políticas públicas**. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração / UFSC; [Brasília]: CAPES: UAB, 2009. 130p.

SIMONETTO, E. O. *et al.* Um modelo de dinâmica de sistemas para avaliação do reaproveitamento de resíduos eletrônicos na remanufatura de computadores em uma instituição de ensino superior. **Exacta – EP**, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 385-402, 2016. <https://doi.org/10.5585/exactaep.v14n3.6404>

TCE/RS - Tribunal de Contas do Estado do Rio Grande do Sul. **Orientação técnica serviços de coleta de resíduos sólidos domiciliares**. 2017. Disponível em:

http://www1.tce.rs.gov.br/portal/page/portal/tcers/publicacoes/orientacoes_gestores. Acesso em: 26 maio 2018.

UFSC - Universidade Federal de Santa Maria. **Projeto pedagógico do curso de especialização em gestão pública-CEGP**. 2015. Disponível em:

https://nte.ufsm.br/images/identidade_visual/PPCGestoPublica2016.pdf. Acesso em: 26 maio 2018.

VENTANA SYSTEMS. **Vensim simulation software**. Disponível em:

<http://www.vensim.com>. Acesso em: 23 maio 2018.



Artigo recebido em:08/10/2018 e aceito para publicação em: 01/12/2019

DOI: <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v19i4.3405>