



UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS
CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ANÁLISE DE CENÁRIOS PARA O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
DOMÉSTICOS RECICLÁVEIS NO HORIZONTE DO PLANO DE
GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS SINOS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CAMILA GOETZE

SÃO LEOPOLDO

2009

**ANÁLISE DE CENÁRIOS PARA O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS
SÓLIDOS DOMÉSTICOS RECICLÁVEIS NO HORIZONTE DO PLANO DE
GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS SINOS**

CAMILA GOETZE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de
Concentração: Gerenciamento de Resíduos, da Universidade do Vale do Rio dos Sinos
(UNISINOS), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em
Engenharia Civil.

SÃO LEOPOLDO

Abril/2009

G611a

Goetze, Camila

Análise de cenários para o gerenciamento de resíduos sólidos domésticos recicláveis no horizonte do plano de gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos / por Camila Goetze. --2009.

87 f. : il. ; 30cm.

Dissertação (mestrado) -- Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, São Leopoldo, RS, 2009.

“Orientação: Prof^o Dr. Luis Alcides Schiavo Miranda; Co-orientador: Prof^a Dr^a Luciana Gomes, Ciências Exatas e Tecnológicas.”

1. Resíduo sólido urbano - Gerenciamento. 2. Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos - Gerenciamento ambiental. I. Título. II. Miranda, Luis Alcides Schiavo. III. Gomes, Luciana.

CDU 628.4

Catálogo na Publicação:
Bibliotecária Eliete Mari Doncato Brasil - CRB 10/1184

INSTITUIÇÕES E FONTES FINANCIADORAS

Este trabalho foi financiado pela CAPES e desenvolvido na Universidade do Vale do Rio dos Sinos, nas dependências do Laboratório de Microbiologia de Resíduos e do Laboratório de Sensoriamento Remoto e Cartografia Digital.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Professor Luis Alcides Schiavo Miranda, pelo saber transmitido nesses dois anos, paciência, orientação segura, apoio e incentivo constante durante todo o trabalho. E à Professora Luciana Paulo Gomes, pela co-orientação e oportunidade de ingressar no curso de Mestrado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UNISINOS, pela oportunidade e infra-estrutura disponibilizada.

À CAPES pelo financiamento de todo o curso de Mestrado.

Aos Professores da Universidade Federal de Pelotas, Maurício Couto Polidori, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, e Fioravante Jaekel dos Santos pela apresentação ao *software Arcview*, metodologia e paciência em solucionar dúvidas.

À Professora Vania Schneider e à equipe do Instituto de Saneamento Ambiental da Universidade de Caxias do Sul, pela atenção e ajuda.

Aos Professores e à equipe técnica do Laboratório de Sensoriamento Remoto (LASERCA) da Geologia da UNISINOS, pelo suporte técnico para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos técnicos do suporte da ESRI pela ajuda sempre imediata, ao solucionarem dúvidas sobre o uso das ferramentas do *software ArcMap*. Assim, como aos blogueiros dos *sites de geografia*, pela criatividade em solucionar os mais diversos problemas.

Aos colegas da turma de Mestrado: Aldrim, Amanda, Emerson, Jeferson, Karina, Marcelo Caetano, Marcelo Grub, Marcelo Peruzzato e Rossana, pela parceria.

Aos gestores e colegas de trabalho da M.Stortti e da Goldsztein Cyrela, pela compreensão nos momentos de ausência durante estes dois anos.

Aos meus amigos, de Porto Alegre e Pelotas, pela força nos momentos de tensão.

Ao meu tio Ari Goetze, por ser uma inspiração para a vida acadêmica.

E, especialmente, à minha família, meu marido, Carlos Cony, meus pais, Sidmara e Nelio Goetze, minha madrinha, Branca, meu irmão, Bruno Goetze, e minha sogra, Sandra Axelrud, pela força e confiança na conclusão deste trabalho.

Obrigada a todos!

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção média de resíduos no Brasil.	7
Tabela 2 - Destino dos resíduos sólidos no Brasil.....	7
Tabela 3 - Municípios da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.	23
Tabela 4 - Dados dos municípios pertencentes a BHRS que compuseram a amostra. ..	33
Tabela 5 – Órgãos responsáveis pelos dados dos municípios da BHRS.	35
Tabela 6 - Fontes responsáveis de dados sobre a triagem de resíduos nos municípios estudados.	35
Tabela 7- Conversão das coordenadas geográficas calculadas a partir da calculadora geográfica do INPE.	38
Tabela 8 - Referência de indicadores de qualidade do sistema de gerenciamento de RSDR adotados nesta pesquisa.	39
Tabela 9 - Valores de referência para os diferentes indicadores utilizados.....	39
Tabela 10 - Reclassificação dos Indicadores.	41
Tabela 11 - Valores atribuídos para confecção da álgebra de mapas.....	42
Tabela 12 – Premissas consideradas para análise de prognóstico.	43
Tabela 13 - Índices de crescimento dos indicadores utilizados.....	44
Tabela 14 - Caracterização dos municípios.	45
Tabela 15 – Idade dos habitantes dos municípios componentes da amostra.....	48
Tabela 16 – Escolaridade.....	49
Tabela 17 - Situação do gerenciamento de resíduos.....	52
Tabela 18 – Aproveitamento de resíduos sólidos domésticos recicláveis por município.	54
Tabela 19 - Comparação da triagem entre municípios por tipo de RSDR	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Esquema da álgebra de mapas onde observa-se o cruzamento de informações entre os diferentes mapas.....	1
Figura 2 - Situação dos resíduos na Índia.....	1
Figura 3 - Estratégias de gerenciamento de resíduos sólidos em países desenvolvidos da Europa.....	1
Figura 4 - Bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul.....	20
Figura 5 - Mapa político da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.	24
Figura 6 - Focos de disposição de resíduos ao longo do Rio dos Sinos.....	26
Figura 7 - Fluxograma de desenvolvimento da pesquisa.	1
Figura 8 - Municípios da amostra.....	34
Figura 9 – Questionário aplicado aos municípios participantes da pesquisa.	36
Figura 10 – Grau de relevância dos indicadores.....	1
Figura 11 – Grau de relevância ao gerenciamento de RSDR formulado a partir da definição da metodologia deste estudo.....	1
Figura 12 – População.	46
Figura 13 - Densidade populacional.....	47
Figura 14 - Grau de urbanização.	48
Figura 15 – Idade.....	49
Figura 16 – Escolaridade.	50
Figura 17 - PIB per capita.....	51
Figura 18 – Índice de Desenvolvimento Humano.	51
Figura 19 - Resíduos produzidos por habitante ao dia (g).....	53
Figura 20 - Eficiência da triagem de resíduos.	1
Figura 21 - Resíduos aproveitados na triagem.	55
Figura 22 - Comparação da triagem entre municípios por tipo de RSDR.....	56
Figura 23 – Localização dos destinos dos resíduos sólidos domésticos recicláveis triados (1).	57
Figura 24 - Localização dos destinos dos resíduos (2).....	58
Figura 25 - Diagnóstico.	59

Figura 26 - Prognóstico para 10 anos.	61
Figura 27 - Prognóstico para 20 anos.	62
Figura 28 – Comparação entre resultados de desempenho do gerenciamento de RSDR dos municípios gerados pela álgebra de mapas.	63

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV - Análise de Ciclo de Vida
BHRS - Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos
CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBH-SMT - Comitê da Bacia do Rio Sorocaba e Médio Tietê
CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
COMITESINOS - Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do rio dos Sinos
COREDE - Conselho Regional de Desenvolvimento
COSELIX - Saneamento Ambiental na Região Metropolitana de São Paulo
DMLU - Departamento Municipal de Limpeza Urbana
EPA - Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
FEPAM - Fundação estadual de Proteção Ambiental Henrique Roessler
GIRSU - Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICV - Inventário de Ciclo de Vida
IDH - Índice de Desenvolvimento Humano
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LASERCA - Laboratório de Sensoriamento Remoto e Cartografia Digital
MNCR - Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis
MONALISA - Identificação dos Pontos de Impacto da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos – Retirada e Devolução de Água
NBR – Norma Brasileira
PIB - Produto Interno Bruto
Plano Sinos - Plano de Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos
PNSB - Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
Pró-Sinos - Consórcio Público de Saneamento Básico da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos
RMPA - Região Metropolitana de Porto Alegre
RMSP - Região Metropolitana de São Paulo
RSDR - Resíduos Sólidos Domésticos Recicláveis
SCOLDSS - Sistema de Apoio à Decisão Aplicado ao Planejamento e Distribuição da Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos
SIG - Sistema de Informações Geográficas
SSD - Sistema de Suporte à Decisão
UGRHI - Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UNISINOS - Universidade do Vale do Rio dos Sinos
€ - Euro (moeda da União Européia)

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xii
RESUMO	xv
ABSTRACT	xvi
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	2
2.1. Objetivo Geral	2
2.2. Objetivos Específicos	2
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3.1 Gerenciamento de Resíduos Sólidos	3
3.1.1 Coleta e Coleta Seletiva	4
3.1.2 Cooperativas de Catadores.....	5
3.1.3 Resíduos Sólidos Domésticos Recicláveis.....	6
3.2 Geoprocessamento.....	8
3.2.1 Sistema de Informações Geográficas (SIG).....	8
3.3 Aplicações de Geoprocessamento no Gerenciamento de Resíduos Sólidos	10
3.3.1 Experiências Internacionais	10
3.3.1.1 Ásia.....	10
3.3.1.2 Europa	12
3.3.2 Experiências Nacionais	14
3.4 Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos	20
3.4.1. COMITESINOS	22
3.4.2. Caracterização dos Municípios da BHRS	22
3.4.3. Plano Sinos.....	25
4 METODOLOGIA	30
4.1 Pesquisa bibliográfica.....	32
4.2 Delimitação da Amostra	32

4.3 Levantamento de Dados	34
4.3.1 Caracterização da área de estudos.....	34
4.3.1.1 Campo	34
4.3.1.2 População	35
4.3.2 Coleta de dados	35
4.4 Aplicação das Informações em SIG	37
4.4.1 Materiais.....	37
4.4.2 Métodos.....	37
4.5 Diagnóstico da Situação Atual	39
4.6 Prognóstico Futuro	43
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
5.1 Caracterização dos municípios.....	45
5.2 Diagnóstico	52
5.3 Prognóstico	60
6 CONCLUSÕES	65
7 RECOMENDAÇÕES	67
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
9 APÊNDICE	75
9.1 Passo-a-passo da metodologia para uso dos dados no <i>software ArcMap</i> , conforme a metodologia aplicada por SANTOS (1999).	75
9.2 Passo-a-passo da metodologia para diagnosticar a situação dos resíduos através do <i>software ArcMap</i>	76

RESUMO

Nos últimos anos, a região da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos vem sofrendo danos decorrentes da disposição inadequada de resíduos sólidos recicláveis, tornando necessário o desenvolvimento de estudos que busquem alternativas visando a melhoria da condição ambiental da bacia. Nesta pesquisa objetivou-se analisar os cenários para o gerenciamento de resíduos sólidos domésticos recicláveis na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, visando identificar meios de colaborar para a redução dos impactos ambientais e à saúde pública.

A dissertação foi dividida em três principais partes: (i) revisão bibliográfica; (ii) diagnóstico da situação atual do gerenciamento de resíduos sólidos domésticos recicláveis; (iii) e prognóstico dos próximos 10 e 20 anos.

A partir da identificação de indicadores de qualidade para o gerenciamento de resíduos sólidos domésticos recicláveis, foi possível iniciar a análise da situação atual dos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos componentes da amostra, com a ajuda do *software ArcMap* e da revisão bibliográfica. A qual indicou índices de crescimento dos indicadores permitindo gerar os prognósticos futuros para 10 e 20 anos.

A análise do prognóstico indicou as razões pelas quais alguns municípios poderão ter um cenário futuro mais otimista e outros, mais pessimista, auxiliando os gestores ambientais no planejamento de ações estratégicas ao gerenciamento de resíduos sólidos domésticos recicláveis. Dentre estas, o presente estudo permitiu destacar o apoio às cooperativas de catadores, através de incentivo à sua formação e suporte financeiro para melhorias dos processos; a melhoria dos sistemas de coleta seletiva; e a necessidade de investimento em programas de conscientização e educação.

Em suma, a relevância deste trabalho consiste no desenvolvimento de um método de análise através do *software ArcGIS*, que poderá ser utilizado no desenvolvimento dos estudos necessários ao cumprimento do Plano Sinos. A partir da criação do banco de dados georreferenciado, qualquer mudança no panorama atual poderá ser facilmente imputada e gerada uma nova análise, alertando aos gestores para que tomem medidas preventivas.

ABSTRACT

In the last past years, the region of Sinos River Hydrographic Basin has experienced several damages due to inadequate solid waste disposition, making necessary to develop studies that search for ways to improve the Basin's environmental condition. In this research, the general goal was to analyze the scenarios to domestic recyclable solid waste management in Sinos River Hydrographic Basin (SRHB), searching for the identification of improvements for public health.

The dissertation was divided in three major parts: (i) bibliographic review; (ii) domestic recyclable solid waste management current situation diagnosis; (iii) prognosis for the next 10 and 20 years.

From the identification of domestic recyclable solid waste management quality indicators was possible to start the current situation diagnosis in the cities of SRHB sample components, using the help of ArcMap software and bibliographic review. Wich indicated the growing indices hallowing to generate the prognosis for the next 10 and 20 years.

The prognosis analysis indicated the reasons why some cities will have a better or worse future scenario, helping the environmental managers in the strategic actions planning for the domestic recyclable solid waste management. Among them, the present study could highlight the support to collector's cooperative, through financial and educacional incentives to improving processes; reform of selective collect systems; and necessity of investment in awareness programs and education..

In short, this work's relevance consists in developing an analysis method using the ArcGIS software, which can be used in the development of Plano Sinos (Sinos Plan) studies. From the georeferenced data base creation, any change in current panorama could be easily imputed e generated a new analysis, warning the managers to take preventives actions.

1 INTRODUÇÃO

A partir do advento da Revolução Industrial, em meados do século XVIII, a mecanização dos sistemas resultou num aumento acelerado da produção de bens e, conseqüentemente, dos hábitos de consumo da população. Desde então, a intensidade da industrialização e a atividade diária do homem em sociedade se tornaram um dos principais fatores causadores da geração de resíduos sólidos urbanos. Somados ao aumento da população mundial, os resíduos sólidos remanescentes ameaçam a saúde humana e causam danos ao meio ambiente, como os acidentes ambientais verificados nos últimos anos na região da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.

Estes acidentes são devidos às mudanças na composição dos resíduos sólidos domésticos, que há meio século era predominantemente composto de matéria orgânica putrescível (em especial, restos de alimentos), e aos avanços da tecnologia, que geraram os materiais chamados de resíduos sólidos recicláveis (como plásticos, papéis, vidros e metais), cada vez mais presentes na coleta diária.

A solução para prevenção destes acidentes ambientais se dá através da adoção do Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos. Para isso, diversos pesquisadores nacionais e internacionais indicam como importante ferramenta a adoção de técnicas de geoprocessamento para o diagnóstico, planejamento e gestão ambiental.

Portanto, devido aos acidentes ambientais verificados nos últimos anos na região da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, aos danos que a disposição final inadequada de resíduos sólidos recicláveis vem causando ao meio ambiente e à possibilidade de aperfeiçoar o seu gerenciamento através de alternativas estratégicas para a coleta de resíduos, justifica-se o desenvolvimento deste trabalho. Para o atendimento destes objetivos, a dissertação foi dividida em três partes principais: (i) revisão bibliográfica; (ii) diagnóstico da situação atual do gerenciamento de resíduos sólidos domésticos recicláveis; (iii) prognóstico dos próximos 10 e 20 anos.

2 OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Analisar os cenários para o gerenciamento de resíduos sólidos domésticos recicláveis gerados na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, visando identificar meios de reduzir os impactos ambientais e oportunizar melhores condições de saúde pública.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar indicadores para realizar a análise do gerenciamento de resíduos sólidos domésticos recicláveis.
- Diagnosticar a situação dos resíduos sólidos domésticos recicláveis nos municípios componentes da Bacia Hidrográfica Rio dos Sinos.
- Elaborar prognóstico dos efeitos do gerenciamento de resíduos sólidos domésticos recicláveis, sem intervenções, em dois horizontes temporais: 10 e 20 anos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os recursos hídricos são considerados um dos mais importantes meios para a sobrevivência do homem. É um dos mais ameaçados pelo modo atual de desenvolvimento econômico e urbano, em que os recursos naturais ainda não são vistos como elementos essenciais à sobrevivência humana, mas como um mero produtor de matérias-primas e receptor dos mais diversos tipos de resíduos (FERRAZ & BIZZO, 2007). Dessa forma, pesquisas recentes têm focado seus estudos nas relações entre as atividades humanas e as suas conseqüências ao meio ambiente, tendo nas Bacias Hidrográficas um elemento-chave para orientar os resultados obtidos. Considerando que numa Bacia Hidrográfica é possível verificar-se as inter-relações, vitais para o equilíbrio ecológico do ecossistema local, estas vêm sendo adotadas como unidade geográfica básica para realização de pesquisas e estudos.

Assim, o presente capítulo pretende demonstrar a necessidade de gerenciamento de resíduos sólidos, com foco na coleta seletiva, nas cooperativas de catadores de resíduos e na importância dos resíduos sólidos domésticos recicláveis. Apresentará o estado da arte, citando a situação do gerenciamento de resíduos em outros países e quais as técnicas adotadas para melhorá-lo. Entre elas, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como ferramenta de suporte à decisão no gerenciamento ambiental. Por fim, irá contextualizar a origem e desenvolvimento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, a formação do COMITESINOS e a elaboração do Plano Sinos (GOMES, 2007).

3.1 Gerenciamento de Resíduos Sólidos

A partir do início do século XVIII, com a Revolução Industrial, ocorreu um grande incremento nos hábitos de consumo da população, conseqüentemente houve um aumento da produção de resíduos, e que continua a crescer. Assim, os resíduos sólidos passaram a ser um dos principais problemas ambientais a serem enfrentados pela sociedade. Somado ao acréscimo da sua produção, o surgimento das áreas de destinação final irregulares, como lixões e depósitos a céu aberto, acentuam a proliferação de vetores e o risco de desastres ambientais.

Para TEIXEIRA & BIDONE (1999) a solução para essa questão se dá através da adoção do Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos (GIRSU), cujos principais objetivos são: (i) proteger os seres humanos e o meio ambiente; e (ii) conservar os recursos naturais.

Quando o gerenciamento é integrado, as etapas são articuladas entre si, desde a geração até a disposição final, com atividades compatíveis com as dos demais sistemas do saneamento ambiental. Neste caso é essencial a participação ativa e cooperativa do primeiro, segundo e terceiro setor, respectivamente, governo, iniciativa privada e sociedade civil organizada (CASTILHOS JR. *et al.*, 2003).

Portanto, o GIRSU é o conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento, que uma administração municipal desenvolve, baseado em critérios sanitários, ambientais e econômicos (JARDIM, 1995). Envolve as etapas de geração, coleta, coleta seletiva, transporte, tratamento e disposição final, dando a cada tipo de resíduo sólido atenção especial.

3.1.1 Coleta e Coleta Seletiva

A coleta de resíduos sólidos é definida pela ABNT como o ato de recolher ou transportar resíduos sólidos de qualquer natureza, utilizando veículos e equipamentos apropriados, já a coleta seletiva é aquela em que os resíduos são removidos previamente e separados pelo gerador (ABNT). Vista como uma estratégia importante de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, a coleta seletiva é capaz de aperfeiçoar as etapas de tratamento e disposição final, reduzindo os impactos à saúde pública e ao meio ambiente (BRINGHENTI, 2004; BRINGHENTI, 2007).

Neste contexto, a coleta seletiva constitui um processo de valorização dos resíduos selecionados e classificados na própria fonte geradora, visando seu reaproveitamento e reintrodução no ciclo produtivo. Logo, a implementação de gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo programas de coleta seletiva de resíduos sólidos domiciliares, é fundamental para o equacionamento desta realidade (FERNANDES, 2007).

Estes programas, que, do ponto de vista do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, têm por finalidade a minimização dos resíduos gerados, possibilitam ganhos

ambientais com a re-inserção de materiais recicláveis nos processos produtivos e a diminuição do volume de resíduos para disposição final e a conseqüente redução dos impactos decorrentes. Promovem também a inclusão social e a geração de trabalho e renda para trabalhadores dos setores formal e informal de reciclagem que se inicia com os catadores de materiais recicláveis, que atuam nas ruas e em organizações e culmina nas centenas de empregos gerados na indústria de reciclagem. Do ponto de vista econômico, destacam-se o aumento da vida útil dos aterros, considerando-se a dificuldade de encontrar áreas adequadas para a disposição final de resíduos, principalmente nas grandes cidades, e a redução dos custos dos programas de coleta seletiva para as prefeituras (DEMAJOROVIC *et al.*, 2004).

Portanto, programas municipais de coleta seletiva são importantes para aumentar a viabilidade da reciclagem, pois possibilitam informar e sensibilizar a população e incentivo à participação social na separação dos resíduos, o que aumenta a oferta de recicláveis e reduz o custo do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. Tais programas, desenvolvidos em parceria com cooperativas de catadores, conferem maior renda e benefícios a esses trabalhadores, melhores condições de trabalho, fortalecimento da organização e divisão do trabalho, inclusão social e resgate da cidadania, além de promover a inserção de catadores autônomos sob forma organizada de trabalho, em melhores condições operacionais (GÜNTHER, 2007).

3.1.2 Cooperativas de Catadores

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE – (2008) existem atualmente no Brasil 230 mil catadores de resíduos. O Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis (MNCR) diz que, devido à informalidade das condições de trabalho, esse número poderá chegar a um milhão. No entanto, atualmente estão cadastrados no MNCR apenas 35.637 catadores, dos quais 72% estão em grupos completamente desorganizados que atuam na rua ou em lixão, sem infra-estrutura para o trabalho e em condições precárias. Apenas 4% estão em cooperativas ou associações bem organizadas.

DUARTE (2005) cita que estes catadores, atuando em conjunto com os serviços municipais, conseguem reaproveitar de 10% a 20% dos resíduos urbanos, devolvendo

os materiais recicláveis ao ciclo produtivo e economizando recursos naturais e energéticos.

Submetidos a um ambiente de trabalho carente de infra-estrutura sanitária, os catadores encontram-se expostos a diversas doenças e a condições de trabalho bastante desumanas. Além disso, o descarte aleatório de resíduos em nascentes, córregos, margens de rios e estradas, além de provocar problemas ambientais graves, concentra nesses locais um exército de desempregados e famintos. Mediante esse cenário, as associações de catadores de material reciclável surgem para organizar esses trabalhadores informais e marginalizados resgatando a sua cidadania (DUARTE, 2005).

3.1.3 Resíduos Sólidos Domésticos Recicláveis

A partir do aumento da produção de bens e dos hábitos de consumo da população, houve um grande incremento na produção de resíduos. Os quais, ao longo dos anos, vêm sofrendo mudanças nas características de sua composição. Visto que há meio século se verificava uma maior produção de resíduos de matéria orgânica (em especial, restos de alimentos), e nos dias de hoje, materiais chamados de Resíduos Sólidos Domésticos Recicláveis (RSDR), como plásticos, papéis e metais, estão cada vez mais presentes na coleta diária.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT – define resíduos sólidos como os "restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis, podendo-se apresentar no estado sólido, semi-sólido ou líquido, desde que não seja passível de tratamento convencional".

A NBR 10.004 (2004) classifica os resíduos de acordo com sua origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição.

Considerando a produção média per capita diária de resíduos no Brasil entre 460 e 1.200 gramas, publicada na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), em 2000 (Tabela 1), e que os resíduos sólidos urbanos no Brasil são compostos em média de 60% de resíduo orgânico e 40% de resíduo reciclável (OLIVEIRA, 2002), mas que aproximadamente 10% dos resíduos sólidos coletados no Brasil não são enviados aos aterros ou lixões (Tabela 2). Justifica-se a escolha pelo tipo de resíduo a ser estudado, pois o RSDR acaba destacando-se pela grande quantidade produzida, pela conseqüente

insuficiência de áreas para disposição final e ineficiência desta alternativa como solução ao problema.

Tabela 1 - Produção média de resíduos no Brasil.

População	Lixo Domiciliar (kg/hab.dia)
Até 9.999 habitantes	0,46
De 10.000 a 99.999 habitantes	0,49
De 100.000 a 199.999 habitantes	0,69
De 200.000 a 499.999 habitantes	0,78
A partir de 500.000 habitantes	1,20

Fonte: PNSB, 2000.

Tabela 2 - Destino dos resíduos sólidos no Brasil.

Destino	% da massa total coletada
Vazadouro a céu aberto (lixão)	52,72
Vazadouro em áreas alagadas	0,55
Aterro controlado	16,43
Aterro sanitário	12,77
Aterro de resíduos especiais	7,13
Usina de compostagem	2,29
Usina de reciclagem	5,24
Incineração	2,86

Fonte: PNSB, 2000.

Por fim, os benefícios da separação dos materiais recicláveis e da reinserção na cadeia produtiva resumem-se a minimização da quantidade de resíduos descartados, gerando uma alternativa à sua disposição final, e da utilização de fontes naturais, muitas vezes não renováveis (ARAÚJO *et al.*, 2007).

3.2 Geoprocessamento

As técnicas de geoprocessamento constituem-se de importantes ferramentas para o diagnóstico, planejamento e gestão ambiental, visto que permitem a análise de um grande número de dados de forma rápida e menos subjetiva, auxiliando no processo de tomada de decisão (SCHNEIDER *et al.*, 2007).

Através da apresentação de uma ampla gama de possibilidades de armazenamento, manipulação e análise de dados georreferenciados, o geoprocessamento possui um espectro de utilização amplo, que tem englobado a área do meio ambiente em larga escala, sendo utilizado em avaliação, planejamento, monitoramento e gerenciamento ambiental (NASCIMENTO, 2001).

Dentre as ferramentas que compõem o universo do Geoprocessamento, o Sistema de Informações Geográficas (SIG) mostra-se como uma poderosa ferramenta para um eficiente monitoramento e análise do meio ambiente, podendo contribuir adequadamente para a proteção ambiental (SMANIOTTO *et al.*, 2003).

3.2.1 Sistema de Informações Geográficas (SIG)

O SIG é um sistema dedicado a projetos, permitindo uma análise única de um problema que envolve variáveis espacialmente distribuídas, tendo como objetivo “prover uma ferramenta eficiente de planejamento para todas as aplicações que fazem uso de mapas. Todas as atividades que envolvem a coleta de dados relativos a distribuição espacial de dados sobre a superfície terrestre podem se beneficiar de sistemas desta natureza” (INPE, 1995 *apud* STUANI, 2003).

Em estudos ambientais, o uso do SIG provém da preocupação dos técnicos em fornecer informações de qualidade e em formatos que possibilitem a sua utilização por gestores ambientais (VEDOVELLO, 2000).

No caso de estudos ambientais, a sistematização de informações em um banco de dados, torna-se de extrema importância a partir do momento em que se tem uma grande quantidade das mesmas. O seu armazenamento e organização ocorrem através de tabelas e formulários, que possibilitam um gerenciamento mais rápido e torna a informação disponível a diversos usos. Um banco de dados, quando associa

coordenadas (geográficas ou planas) às suas informações, passa a ser denominado banco de dados georreferenciado. O qual se difere de um banco de dados convencional por seus dados apresentarem características espaciais, ou seja, possuem propriedades que descrevem a sua localização, posição sobre/sob a superfície terrestre e a sua forma de representação geométrica (ponto, linha, polígonos) (SCHNEIDER *et al.*, 2007).

Portanto, um SIG é uma base de dados que liga informações alfanuméricas a mapas, permitindo visualizar e analisar dados de novas e poderosas formas. Os objetos do mundo real, quando estão representados num mapa, são denominados feições. As feições podem ser representadas por pontos, linhas ou polígonos. As feições num SIG possuem atributos (informações descritivas sobre elas) aos quais elas estão ligadas (ROSA, 2004).

Os SIG também podem ser entendidos como qualquer conjunto de procedimentos, manuais ou informatizados, utilizados para armazenar e manipular dados geograficamente referenciados (ARONOFF, 1991 *apud* NASCIMENTO, 2001).

Sendo a ferramenta mais conhecida utilizada no geoprocessamento, o SIG apresenta como principal característica a capacidade de agrupar dados provenientes de diversas fontes, unificando-os em um banco de dados, permitindo assim, análises, consultas e organização dos mesmos (VEDOVELLO *et al.*, 1999 *apud* NASCIMENTO, 2001). A Figura 1, elaborada a partir dos estudos deste trabalho, ilustra essa situação, onde se faz necessário o cruzamento de informações diversas através de mapas.

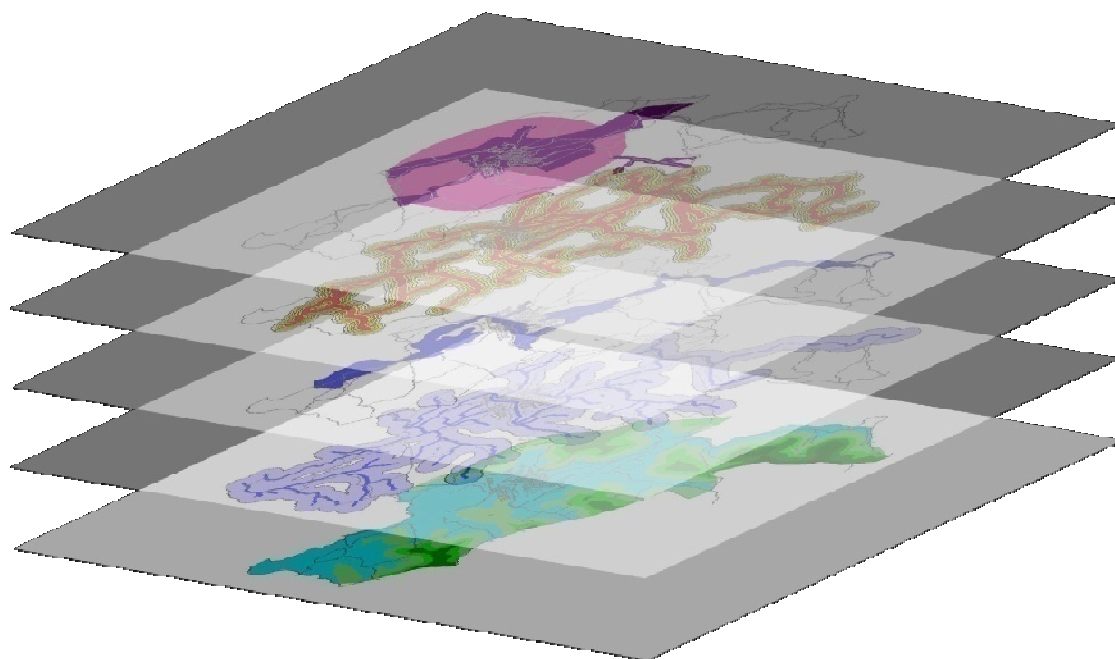


Figura 1- Esquema da álgebra de mapas onde observa-se o cruzamento de informações entre os diferentes mapas. Fonte: elaborado pela autora (2008).

3.3 Aplicações de Geoprocessamento no Gerenciamento de Resíduos Sólidos

3.3.1 Experiências Internacionais

Atualmente, o gerenciamento de resíduos têm sido um dos principais focos de preocupação no mundo todo. Devido às necessidades de proteção do meio ambiente e conservação dos recursos naturais, diversos estudos têm sido desenvolvidos, abordando: o desenvolvimento de sistemas de suporte à decisão; a criação de sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos; o uso da ferramenta SIG; avaliação de opções economicamente viáveis para o gerenciamento de resíduos; e, no caso de alguns países desenvolvidos da Europa, foram verificados diversos estudos focados na busca por estratégias de gerenciamento de resíduos para países em desenvolvimento.

Portanto, este capítulo visa explicar algumas das alternativas encontradas por países da Ásia (Bangladesh, Índia e Japão), Europa (Inglaterra, Noruega e Itália) e América do Norte (Canadá).

3.3.1.1 Ásia

Na Índia e em Bangladesh uma das grandes preocupações ambientais são os lixões a céu aberto, para os quais diversas alternativas para disposição têm sido estudadas. Praticados extensivamente em Bangladesh, por serem baratos e por não requererem planejamento, os lixões geralmente são localizados em áreas próximas de recursos hídricos e nas periferias das cidades (SUFIAN & BALA, 2006).

Em Bangladesh a análise da composição dos resíduos sólidos não é feita regularmente pelos municípios, porém, através de dados de KHAN (1999) *apud* SUFIAN & BALA (2006), percebe-se que os resíduos constituem-se em torno de 18% de matéria inorgânica e 82% orgânica.

Diversos estudos já foram desenvolvidos no país, buscando estratégias para o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (KUM *et al.*, 2005 *apud* SUFIAN & BALA, 2006), entre eles destacam-se as pesquisas de desenvolvimento de sistemas de suporte à decisão (BARSİ, 2000; MING *et al.*, 2000; HEIKKI, 2000 *apud* SUFIAN & BALA, 2006).

TALYAN *et al.* (2007) traçaram um panorama da situação do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos na Índia, cuja capital, Delhi, produz 500 gramas por dia de resíduos per capita, abriga 1,8 milhão habitantes e cresce a uma razão de 3,85% ao ano. Os maiores problemas do país estão relacionados à disposição final dos resíduos que, assim como em Bangladesh, geralmente tratam-se de lixões a céu aberto que ocupam em torno de 1% do território da capital (14,83km²).

Em 2000, a Índia criou o manual “Regras para Resíduos Sólidos Urbanos”. Nesse, as Prefeituras deveriam gerar normas e implantá-las; e fornecer infra-estrutura (coleta, depósito, triagem, transporte, processamento e disposição final) para o gerenciamento de resíduos. Essas regras baseavam-se na definição de que os resíduos biodegradáveis deveriam ser processados por combinação de sistemas de tratamento (compostagem, vermicompostagem, digestão anaeróbia e peletização) e aterro controlado. No entanto, tais regras ainda estão longe de serem implementadas (Figura 2), devido à inviabilidade de recursos financeiros, ausência de mão-de-obra qualificada, ausência de motivação e consciência pública e não-cooperação das residências. A Figura 2 apresenta o *status* do cumprimento das regras, embora não defina maiores detalhes sobre cada uma delas.

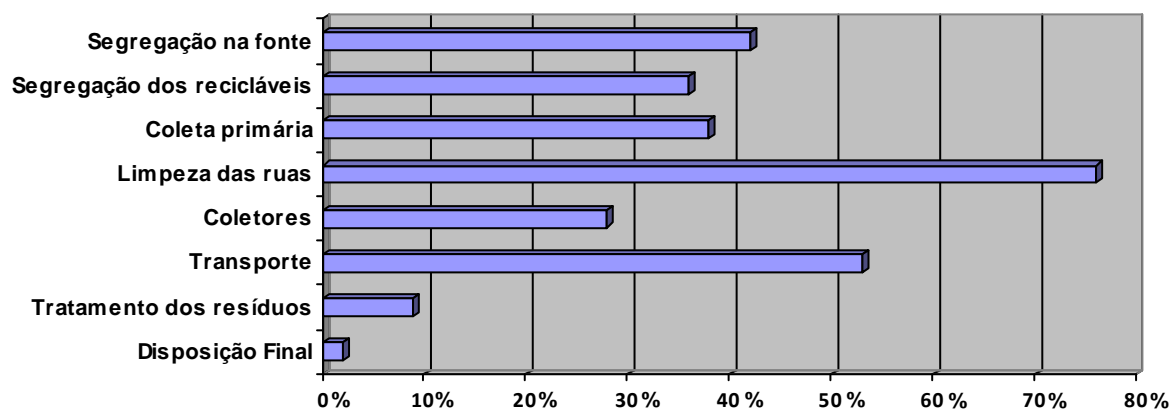


Figura 2 - Situação dos resíduos na Índia.

Fonte: TALYAN *et al.*, 2007.

Paralela à dificuldade de gerenciamento dos lixões a céu aberto, existe a problemática dos catadores de resíduos, que por não usarem equipamentos de proteção ou segurança, sofrem de diarreia, infecções, alergias, tremores, tontura, perda de memória, depressão e problemas respiratórios.

Neste contexto ocorre a reciclagem, formal e informalmente, através de catadores, que realizam a coleta do resíduo e vendem-no a negociantes intermediários. Estes, por sua vez, revendem o resíduo às unidades de reciclagem. Dessa forma, os catadores e os intermediários obtêm 2/3 dos lucros, restando às unidades de reciclagem apenas 1/3, proveniente de resíduos domésticos, de comércios, varrição.

No Japão a realidade é diferente, devido à adoção políticas voltadas para a preservação do meio ambiente, com ênfase na proteção da saúde pública, e restrições a descargas de resíduos. O país busca criar uma consciência junto a seus cidadãos sobre a importância de criar uma sociedade voltada para a reciclagem, valorizando simultaneamente a preservação ambiental e o desenvolvimento econômico.

O Governo também incentiva as empresas a fabricar seus produtos de forma que a reciclagem se torne mais fácil. Os resíduos são classificados em municipal e industrial, sendo o primeiro de responsabilidade das Prefeituras e o segundo dos empreendedores responsáveis. Outro princípio importante é o de incentivos fiscais e ajuda financeira, implementado desde 1965, quando foi fundado o *Environmental Pollution Control Service Corporation* (Corporação de Serviço de Controle da Poluição Ambiental) atualmente chamado de *Japan Environment Corporation* (Corporação do Meio Ambiente do Japão) – JEC (REIS, 2006).

TASAKI *et al.* (2006) citam que o foco de estudos atuais são os lixões ilegais de resíduos industriais, devido ao aumento dos impostos de disposição de resíduos e às normas rígidas de conservação ambiental. Buscando medidas de prevenção, através da diminuição de alguns impostos e do aumento de multas para os lixões ilegais, a situação foi amenizada, mas não totalmente solucionada (CHOE & FRASER, 1999). Assim, o Governo adotou estratégias de vigilância, através de patrulhas organizadas pelas Prefeituras, as quais TASAKI *et al.* (2006) sugerem que ainda poderão ser realizadas com o auxílio da ferramenta SIG.

3.3.1.2 Europa

Na Dinamarca, estudos de KIRKEBY *et al.* (2006) foram focados na criação de modelos teóricos de avaliação do consumo de recursos naturais e de impactos

ambientais dos sistemas de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos através do uso da ferramenta Análise de Ciclo de Vida (ACV).

Na Áustria, os estudos de (BRUNNER & FELLNER, 2007) focaram na busca de alternativas para o gerenciamento de resíduos sólidos em países em desenvolvimento. Em seus estudos, os pesquisadores citam as diferenças entre o gerenciamento de resíduos nos países desenvolvidos e nos chamados ‘em desenvolvimento’, focando no tema investimentos financeiros necessários.

Em geral, nos países desenvolvidos são investidos em torno de €100,00 por habitante ao ano em gerenciamento de resíduos, para a conservação de recursos naturais e introdução de estratégias de reciclagem. Enquanto nos países em desenvolvimento são gastos entre €1,00 e €10,00 por habitante ao ano, arriscando a saúde e o bem-estar da população devido ao gerenciamento de resíduos inadequado. Nos países em desenvolvimento, o foco ainda se encontra num dos objetivos iniciais do gerenciamento de resíduos, a proteção à saúde humana.

A Figura 3 demonstra um esquema das mudanças nas estratégias de gerenciamento em países desenvolvidos da Europa. Enquanto nas décadas de 60 e 70, se buscava destinar a maioria dos resíduos para aterros sanitários, a partir da década de 90, as estratégias buscavam priorizar sistemas como a redução e a reciclagem, destinando a menor quantidade possível de resíduos para os aterros (HUY *et al.*, 2006).

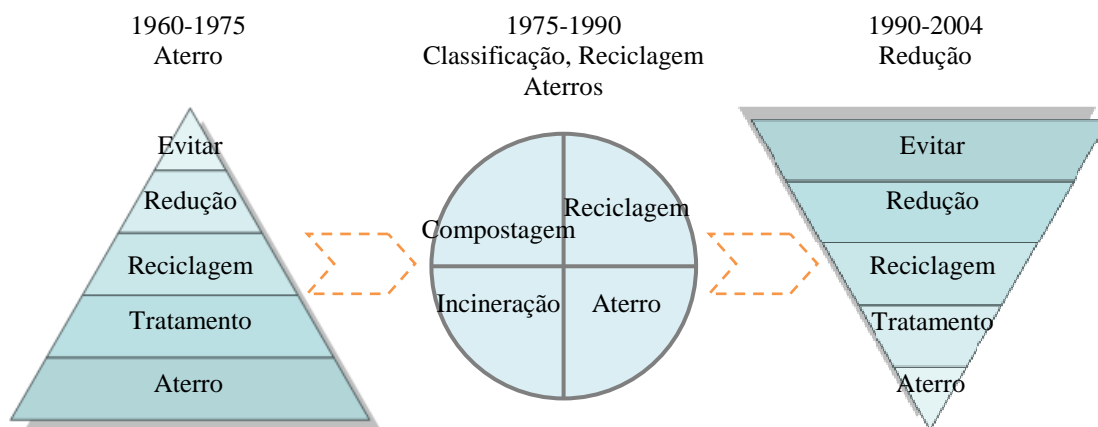


Figura 3 - Estratégias de gerenciamento de resíduos sólidos em países desenvolvidos da Europa.

Fonte: HUI *et al.*, 2006.

Na Itália, as atenções dos gerenciadores e planejadores têm sido cada vez mais focadas numa abordagem sustentável para solucionar o gerenciamento de resíduos e

integrar estratégias para chegar a melhor tomada de decisão, levando em consideração aspectos econômicos, técnicos, legislativos e ambientais. Nos últimos anos, muitos trabalhos foram apresentados com o objetivo de prover um modelo de decisão útil e compreensível, que fosse próximo da realidade e computacionalmente aplicável.

Este estudo apresentou uma sugestão de estrutura de um Sistema de Suporte à Decisão (SSD) projetado para auxiliar a tomada de decisão de prefeituras no desenvolvimento de programas de incineração, disposição, tratamento e reciclagem integrada (COSTI *et al.*, 2004).

3.3.2 Experiências Nacionais

Na região Nordeste do país, os estudos de VASCONCELLOS & CALLADO (2007) e de SILVA *et al.* (2007) ilustram a situação do gerenciamento de resíduos sólidos domésticos nos dias de hoje.

Em Alagoas, VASCONCELOS & CALLADO (2007) descrevem a situação de Arapiraca, segunda maior cidade do estado, que sofre danos à saúde pública devido à deficiência do serviço de limpeza urbana, relacionados à disposição final do lixo. Os autores afirmam que um Plano de Gerenciamento de resíduos sólidos permitiria adotar uma sistemática mais eficiente e objetiva dos serviços de limpeza urbana para o município, considerando a limpeza urbana, coleta, redução, reaproveitamento, tratamento e destino final do lixo. Para isso, realiza uma investigação sobre a origem, a composição e o destino dos resíduos sólidos domésticos e estabelece uma proposta de gerenciamento.

SILVA *et al.*, (2007) apresentam um panorama da situação da compostagem no estado da Paraíba, realizada em menos de 1% do resíduo orgânico coletado. Para mitigar a situação os autores propõem a caracterização física, química e biológica dos resíduos sólidos produzidos nos municípios de pequeno porte do semi-árido paraibano e a verificação de sua forma de acondicionamento e destino final, no intuito de verificar a possibilidade de aumentar o percentual aproveitado na compostagem.

Na região Sudeste, o Espírito Santo foi estudado por BRINGHENTI *et al.* (2007), que traçou um panorama da situação do município de Vitória. O mesmo possui pequena extensão territorial e diversas áreas protegidas, dificultando a alocação de áreas para

destinação final de resíduos e levando a prefeitura a implementar programas de coleta seletiva desde 1998. Em 2002, este serviço foi ampliado, estabelecendo-se a coleta seletiva porta a porta, abrangendo apenas 10% da população.

Como estratégia de operação de coleta, realizada pelo mesmo caminhão que fazia a coleta normal, a equipe era composta por 1 motorista, 3 garis coelho e 3 garis coletores. Os garis coelho passavam adiantados cerca de 30 minutos, em relação ao horário de coleta, e realizavam inspeção e seleção dos resíduos à espera da coleta seletiva, com o objetivo de verificar se a segregação estava corretamente efetuada. Em caso negativo, os resíduos não eram coletados e ainda um adesivo era afixado no saco plástico, com orientações para uma correta separação. Dessa forma, a Prefeitura criou um meio de educar a sua população, tornando as etapas do gerenciamento de resíduos sólidos domésticos mais eficazes.

Em Minas Gerais, MARQUES *et al.* (2007) descrevem a situação da coleta em Belo Horizonte, onde são produzidos mais de 48 mil toneladas de resíduos sólidos domiciliares por mês. Os autores propõem a utilização dos sistemas de geoprocessamento para elaboração do planejamento de coleta, devido à necessidade de atualização constante dos planejamentos das rotas e distritos.

No artigo foi utilizado o *software MapInfo* para desenho das rotas, proporcionando medidas de percursos precisas e aproximando-se o máximo possível da condição real no que se refere aos valores estimados para tempo. Além disso, a apresentação dos roteiros obteve boa qualidade estética, facilitando a visualização e o uso do material no campo. Os autores concluem o trabalho dizendo que a viabilidade do mesmo depende de treinamento de pessoal e disponibilidade de microcomputadores e *softwares*.

Em outro estudo, de BARROS *et al.* (2007), é descrita a situação da legislação relativa ao gerenciamento de resíduos sólidos de Minas Gerais, onde até o início de 2007 não havia uma política estadual específica. Neste contexto, os autores desenvolveram a pesquisa, com o objetivo de traçar o perfil do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, através de estudo da composição gravimétrica dos resíduos em três municípios do Vale do Jequitinhonha: Comercinho, Francisco Badaró e Padre Paraíso. No caso destes municípios, os autores concluíram que o gerenciamento empregado deve abranger desde o momento da produção nas residências, uma vez que

não há coleta seletiva e, portanto, nenhuma separação dos resíduos, na fonte ou em outro momento de seu manuseio.

Em São Paulo, FERRAZ & BIZZO (2007) apresentam uma avaliação das condições da destinação final dos resíduos sólidos domiciliares dos municípios que fazem parte da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) da Bacia do rio Sorocaba, um dos rios mais importantes do Estado de São Paulo. Na Bacia foram identificados problemas relacionados à geração e destinação inadequadas de resíduos sólidos. Para isso, foram realizadas pesquisas junto ao Comitê da Bacia do Rio Sorocaba e Médio Tietê (CBH-SMT) para determinação das cidades que fazem parte da Bacia Hidrográfica do rio Sorocaba e coletados dados sobre destinação final junto a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo (CETESB).

Dentre as principais conclusões dos autores, foi verificada uma tendência dos municípios da região, que não apresentavam condições adequadas de destinação final dos resíduos, optarem por destiná-los aos aterros sanitários particulares ou municipais localizados em outras cidades, são os casos de Cotia, Tietê e Vargem Grande Paulista. Outra conclusão importante foi que, de 2002 para 2005, os municípios evoluíram de 76% para 20% na quantidade daqueles que não possuíam condições adequadas de destinação final.

Isto se deve a três fatores principais: (i) atuação dos órgãos governamentais e de fiscalização ambiental, Ministério Público Estadual e CETESB; (ii) existência de programas estaduais de apoio técnico e financeiro para municípios em condições irregulares de destinação de resíduos; (iii) opção feita por alguns municípios de destinar seus resíduos para aterros sanitários particulares ou públicos localizados em outras cidades.

Ainda em São Paulo, GÜNTHER *et al.* (2007) apresentaram um panorama dos indicadores de sustentabilidade voltados a programas de coleta seletiva e discutiram aspectos conceituais e metodológicos dos indicadores e índices de sustentabilidade aplicáveis aos programas e às organizações de catadores desenvolvidos na pesquisa Saneamento Ambiental na Região Metropolitana de São Paulo (COSELIX, 2005). Cujo objetivo foi avaliar a sustentabilidade de programas municipais dessa natureza e de organizações de catadores parceiras na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

O estudo concluiu que quase 60% dos municípios da RMSP possuem programas municipais de coleta seletiva, sendo 83% desses em parceria com organizações de catadores. No entanto diversos problemas foram identificados: (i) a sustentabilidade social dos programas é fraca devido à baixa inclusão social, inexpressiva geração de postos de trabalho e baixo número de catadores envolvidos, com alta rotatividade; (ii) o alto índice de rejeito e o pouco volume de resíduos desviados do aterro dificultam a sustentabilidade ambiental; (iii) a venda dos recicláveis confere baixa sustentabilidade econômica às organizações, que continuam dependentes das municipalidades; (iv) a integração dos programas no sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos não está efetivada. Por fim, foram recomendados investimentos na formação e capacitação de recursos humanos e em práticas de empreendedorismo social nas organizações, para torná-las cada vez mais profissionalizadas, estruturadas e sustentáveis.

No Sul do país, a carência de informações sobre a situação do gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil é salientada por LIMA & SILVA (2007), ao desenvolverem um estudo que apresenta as características organizacionais e operacionais de um programa de coleta seletiva de resíduos sólidos domiciliares de Londrina, através da participação de catadores e segregação na origem. Como principais conclusões, a pesquisa apontou que: (i) a taxa de cobertura dos serviços coleta aumentou de 36%, em 2001, para 100%, em 2006, após o engajamento do poder público; (ii) a organização do programa foi concebida visando a independência financeira dos catadores, não tendo o cunho assistencial.

No trabalho de SCHIRMER *et al.* (2007) foi apresentado um modelo de implantação de programa de coleta seletiva para a cidade de Irati (PR), através da Associação de Catadores do município. A proposta de implantação da coleta seletiva foi dividida em duas etapas: (i) logística, na qual se caracterizou o sistema de coleta, investigando as rotas (distância, periodicidade, abrangência), números de catadores, veículos, equipamentos e metodologia; (ii) e educação ambiental, na qual foi buscada a conscientização da população, através da confecção de folders e mobilização por meio de visitas aos estabelecimentos comerciais, institucionais e residências. Em uma semana 25% da cidade foi visitada. Após 3 meses de programa pôde-se concluir que, com o programa de coleta seletiva, 16% do material total reciclável deixaram de ser destinados ao aterro sanitário. Por fim, os autores concluem que a Educação Ambiental mostra-se

essencial no processo de auto-sustentação da coleta seletiva, a qual traz aumentos significativos na quantidade de material arrecadado melhorando a qualidade final dos resíduos.

Em Santa Catarina, JUNKES (2002) estudou as conseqüências da implantação de uma usina de triagem e compostagem em municípios de pequeno porte, identificando vantagens ambientais, sociais e econômicas. Dentre elas, cita-se a melhoria das condições de vida das mais de 30 famílias, que anteriormente tinham sua renda proveniente da catação de resíduos sólidos diretamente no aterro; além da melhoria da qualidade de vida da população em geral.

No Rio Grande do Sul, destacam-se os trabalhos desenvolvidos na Universidade de Caxias do Sul, num dos quais SCHNEIDER *et al.* (2007) apresentaram o uso da ferramenta de SIG e de bancos de dados georreferenciados, associados às imagens de satélite, mapas temáticos e informações cartográficas digitais, para a realização de um diagnóstico dos resíduos gerados no meio rural do Conselho Regional de Desenvolvimento (COREDE) Serra (criações aves, suínos e bovinos, laticínios e abatedouros). O trabalho envolveu a coleta de dados georreferenciados coletados *in loco*, a sistematização destes dados e a geração de mapas temáticos da situação atual, tornando possível caracterizar os problemas ambientais da região. Todos os dados sócio-econômicos e ambientais levantados em campo foram armazenados em tabelas e formulários no banco de dados relacional *Access*, o que permitiu a realização de consultas e geração de relatórios sobre diversos temas abordados no instrumento de pesquisa.

Como resultados, após a visita de 7,5% da área total do COREDE Serra, os pesquisadores obtiveram: (i) a distribuição espacial destes produtores, que permite a fácil identificação de áreas com maior concentração de produtores; (ii) e os mapas temáticos e seus atributos não-espaciais (banco de dados), os quais foram gerados e deverão ser entregues aos municípios para que façam uso em Políticas Ambientais.

Em outros estudos, NETO *et al.* (2007) e REICHERT (2007) defendem o uso da ferramenta Inventário de Ciclo de Vida (ICV) para auxiliar a tomada de decisão no Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos em cidades do Rio Grande do Sul. Os estudos apresentados com o uso do ICV, componente da ACV, permitem uma confrontação de cenários futuros, permitindo aos planejadores tomarem suas decisões

com base num banco de dados e informações técnicas e econômicas mais consistentes e abrangentes. Porém, um dos grandes obstáculos é a falta ou a pouca confiabilidade do grande número de dados ou informações necessárias para aplicar os modelos computacionais de ICV.

NETO *et al.* (2007) utilizou o *software Integrated Solid Waste Management (IWM)* nas cidades de São Luiz Gonzaga e Santo Ângelo, buscando realizar simulações, a fim de verificar os impactos ambientais que cada etapa do gerenciamento tem sobre as cidades. Constatou-se que em São Luiz Gonzaga o lixo da cidade é o principal fator de impacto ambiental na cidade. No município de Santo Ângelo, mesmo havendo um sistema de gerenciamento de resíduos sólidos mais completos, apresenta resultados muito significativos, deixando bem claro o efeito positivo da reciclagem sobre o sistema todo.

REICHERT (2007), ao avaliar o potencial da ferramenta, afirmou que “qualquer modelo de gerenciamento de resíduos que não leve fortemente em conta a questão da aceitação social está fadado ao fracasso. Na realidade brasileira, onde existe um grande setor informal envolvido nas diversas etapas do gerenciamento dos resíduos (como coleta, segregação e reciclagem), é ainda mais importante garantir a participação popular na tomada de decisão na definição de modelos integrados.”

Na Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), SIMONETTO & BORENSTEIN (2006) apresentaram um estudo de caso sobre a concepção, modelagem e implementação de outro sistema de suporte à decisão, aplicado ao planejamento operacional dos sistemas de coleta de resíduos sólidos, o SCOLDSS. Cujo principal objetivo é gerar alternativas quanto a: (i) distribuição de veículos de coleta seletiva e de suas rotas; (ii) a determinação da quantidade diária de resíduos sólidos enviadas para cada unidade, buscando evitar o desperdício de mão-de-obra e reduzir a quantidade de resíduos enviados aos aterros.

A maior contribuição do estudo foi a capacidade do sistema em incorporar a capacidade das centrais de triagem e o controle do estoque dos materiais, fato negligenciado por prévios estudos na área. Especialmente em Porto Alegre, os resultados do sistema foram: (i) 8,82% melhores dos que os atualmente implementados pelo Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU); (ii) e 17,89% menos viagens dos caminhões de coleta.

3.4 Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos

Localizada na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, a BHRS limita-se ao leste pela Serra Geral, ao oeste e ao norte, pela Bacia Hidrográfica do Rio Caí, e ao sul pela Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, todas inseridas na Bacia Hidrográfica do Rio Guaíba, que inclui a RMPA e deságua na Lagoa dos Patos (Figura 4). A RMPA inclui 21 dos 32 municípios que constituem a BHRS, a qual é habitada por 1,7 milhão de pessoas, representando 17% da população total do Estado está concentrada em apenas 1,5% do seu território, aproximadamente 4.000 km² (MACHADO, 2003).



Figura 4 - Bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul.

Fonte: SEMA, 2008.

A ocupação da BHRS data de 1788 (FARIA *et al.*, 2007), quando o projeto Real Feitoria do Linho Cânhamo foi transferido de Canguçu para Faxinal do Courita, atual cidade de São Leopoldo. Em 1824, a ocupação do Vale dos Sinos ganhou intensidade com a chegada dos primeiros imigrantes alemães. Mais tarde o artesanato perdeu espaço

para o desenvolvimento industrial, e, mesmo com a implantação do tratamento de água, as leis de proteção às águas perderam a eficácia e o Rio dos Sinos passou a ser local de depósito dos rejeitos industriais e domésticos (COMITESINOS, 2000).

Segundo FARIA *et al.* (2007), o curso principal d'água do Rio dos Sinos tem aproximadamente 190 quilômetros de extensão, com nascentes a 60 metros de altitude na Serra Geral no município de Caraá, no sentido leste-oeste até São Leopoldo, onde a direção é norte-sul, desaguando no Delta do Rio Jacuí entre as ilhas Grandes dos Marinheiros e das Garças, a 12 metros de altitude.

As principais atividades distribuem-se entre os setores: madeireiro, moveleiro, turístico, hoteleiro e comercial na região serrana, incluindo os municípios de São Francisco de Paula, Canela e Gramado; coureiro-calçadista e serviços na porção intermediária, incluindo os municípios de Três Coroas, Igrejinha, Sapiranga, Novo Hamburgo, Estância Velha e Portão; comercial na região de Taquara; e metal-mecânico, alimentício, petroquímico e serviços na parte inferior, incluindo os municípios de São Leopoldo, Sapucaia do Sul e Canoas (HASSE, J. F., 2003).

Conforme LEITE & SILVA (1999), nos trechos médios e inferior há problemas sérios na qualidade das águas, principalmente por lançamento de esgotos domésticos sem tratamento algum. As conseqüências diretas das atividades antrópicas que alteram a qualidade das águas, como: a poluição industrial e a doméstica; a drenagem pluvial urbana; o desmatamento; a extração de areia do leito do rio; a poluição agrícola e a criação de animais; a pesca predatória e o depósito inadequado dos resíduos sólidos; e a crescente ocupação irregular das margens. Como exemplo atual de acidente ambiental, causado a partir da atividade humana, pode-se citar o ocorrido em outubro de 2006, o qual resultou na morte de mais de 80 toneladas de peixes e expôs ao risco a comunidade que se abastece direta e indiretamente das águas afetadas.

Além dos problemas comuns de uma bacia hidrográfica com tais características – atendimento das demandas hídricas e poluição dos corpos d'água, entre outros – a região vem registrando sérios acidentes ambientais, como inundações das áreas urbanas e rurais. Tais ocorrências, quando em grande freqüência, demandam planejamento voltado à gestão dos recursos hídricos.

Para a realização do manejo sustentável da BHRS, o planejamento deverá abordar, entre outros temas, as estratégias de gestão de resíduos sólidos, através da

elaboração de um plano que defina: sistemas de coleta regulares e adequados de resíduos sólidos domésticos; a destinação final destes resíduos, considerando as normas técnicas; a geração de trabalho e renda, a partir da reciclagem e da produção de composto orgânico; a geração de energia, por meio do tratamento dos resíduos; e a implementação de políticas de redução da geração de resíduos.

3.4.1. COMITESINOS

O COMITESINOS foi criado em 1988, constituindo o primeiro comitê estadual brasileiro. A decisão da sua criação foi tomada a partir da necessidade de discussão da situação de um dos dois rios mais poluídos do estado. A Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) desempenha desde então um papel importante na manutenção do Comitê.

Segundo o COMITESINOS, atualmente a sua Secretaria Executiva continua a contar com o espaço e a infra-estrutura administrativa da UNISINOS. Financeiramente, o Comitê conta regularmente com recursos de cinco Prefeituras municipais e dois órgãos municipais de abastecimento público e do Fundo Estadual de Recursos Hídricos. Estes recursos são reforçados por financiamentos pontuais associados a projetos específicos. As principais ações e decisões do COMITESINOS refletem não só preocupações práticas, como a melhoria e divulgação da qualidade da água ou enquadramento, mas também preocupações estruturais, como a negociação de conflitos e o estabelecimento de uma rede de educação ambiental.

3.4.2. Caracterização dos Municípios da BHRS

A atividade de gerenciamento requer o diagnóstico da situação da sua área de intervenção. Para isso, foram levantados dados iniciais sobre os municípios da Bacia Hidrográfica, buscando obter-se uma breve caracterização da região de estudo. A Tabela 3 apresenta características geográficas e populacionais dos 32 municípios da BHRS.

Tabela 3 - Municípios da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.

Município	População total (hab)	Área total (km ²)	% Área na Bacia Hidrográfica	Área na Bacia Hidrográfica (km ²)	População na Bacia Hidrográfica
Araricá	4.032	35,86	99,00	35,5	4.027
Cachoeirinha	107.564	42	19,17	8,05	20.620
Campo Bom	54.018	62,5	100,00	62,5	54.018
Canela	33.625	246	59,03	145,21	17.071
Canoas	306.093	113,11	55,94	63,27	171.217
Capela de Santana	10.032	182,4	1,42	2,59	53
Caraá	6.403	292,71	99,67	291,74	6.383
Dois Irmãos	22.435	66,8	8,92	5,96	15
Estância Velha	35.132	50,21	93,53	46,96	35.083
Esteio	80.048	32,5	100,00	32,5	80.048
Glorinha	5.684	291,57	0,10	0,3	5
Gramado	28.593	245,3	31,61	77,53	7.496
Gravataí	232.629	497,83	16,00	79,64	3.277
Igrejinha	26.767	150,5	93,17	140,22	26.683
Ivoti	15.318	66,59	6,28	4,18	96
Nova Hartz	15.071	60,23	98,04	59,05	15.028
Nova Santa Rita	15.750	219,79	41,94	92,17	13.311
Novo Hamburgo	236.193	223,5	100,00	223,5	236.193
Osório	36.131	666,12	5,01	33,35	274
Parobé	44.776	125,6	100,00	125,6	44.776
Portão	24.657	157,4	85,99	135,35	23.979
Riozinho	4.071	255,87	99,13	253,64	4.058
Rolante	17.851	304,13	100,00	304,13	17.851
Santa Maria do Herval	5.891	157,56	2,60	4,09	45
Santo Antônio da Patrulha	37.035	896,12	32,58	291,98	4.416
São Francisco de Paula	19.725	3.269,15	11,43	373,73	6.987
São Leopoldo	193.547	100,5	100,00	100,5	193.547
São Sebastião do Caí	19.700	111,08	3,57	3,97	134
Sapiranga	69.189	141,91	58,95	83,66	67.792
Sapucaia do sul	122.751	57	100,00	57	122.751
Taquara	52.825	464,07	93,26	432,79	52.171
Três Coroas	19.430	166	94,16	156,31	19.292
TOTAIS	1.902.966	9.751,91		3.726,97	1.248.697

Fonte: COMITESINOS, 2008 e IBGE, 2000.

A Figura 5 ilustra a divisão política dos territórios dos municípios que compõem a BHRS.

3.4.3. Plano Sinos

Consciente dos riscos que o meio ambiente e a população correm com a contínua exploração do Rio dos Sinos, o COMITESINOS criou o projeto Identificação dos Pontos de Impacto da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos – Retirada e Devolução de Água (MONALISA, 2003). Segundo o COMITESINOS (2008), o projeto foi inicialmente tratado como de monitoramento, mas durante sua concepção se transformou em levantamento, cadastro, identificação de algumas das situações que influenciam na qualidade e na quantidade dos recursos hídricos disponíveis na BHRS.

A etapa que antecedeu o MONALISA (2003) foi o projeto de Enquadramento das Águas, no qual o COMITESINOS trabalhou junto com a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Roessler (FEPAM), no período de 1989 a 2002. Neste projeto foram detectadas as condições do rio que se tinha, e investigadas, junto à comunidade, as condições do rio que queria na época.

Entre o Enquadramento das Águas e o MONALISA (2003), outro projeto forneceu informações sobre as condições do rio dos Sinos, definindo quais trechos dos cursos d'água estavam mal cuidados e os locais de pesca predatória. O projeto foi realizado através da UNISINOS e em parceria com o Ministério do Meio ambiente.

A partir de 2001, o projeto MONALISA (2003) teve a tarefa de levantar os impactos e mapear os diagnósticos, reunindo, além de pesquisadores (professores e estudantes), a comunidade local envolvendo as escolas da região, para implantação de um Programa de Educação Ambiental mais focado à realidade local.

Segundo o COMITESINOS (2009), a metodologia aplicada no MONALISA (2003), *Stream-Walk-Surveys* (pesquisa a partir de caminhadas ao longo dos recursos hídricos), elaborada pela Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos Estados Unidos, foi realizada por meio da aplicação do sistema de diagnóstico visual de impactos, cujo produto final foi a geração de um banco de dados georreferenciados. Assim, o grande objetivo do MONALISA (2003) foi fornecer dados para projetos de recuperação, preservação, zoneamento, planejamento e sensibilização. Entre os quais, destaca-se o levantamento dos pontos de disposição irregular de resíduos ao longo do Rio dos Sinos (Figura 6).

O Pró-Sinos, formado pela união dos Prefeitos dos Municípios do Vale dos Sinos, têm o objetivo de articular os diferentes setores e órgãos envolvidos, buscando a captação de recursos necessários para a execução de obras de saneamento ambiental que garantam a reabilitação do Rio dos Sinos, melhorando a qualidade de vida da população que reside na região.

O Plano Sinos, inserido no modelo de gestão preconizado pela Legislação Brasileira de Recursos Hídricos (Lei Federal no 9.433/97 e Lei Estadual no 10.350/94), tem como objetivo final elaborar o plano de gerenciamento da BHRS. Assim, o projeto deverá ser desenvolvido a partir da colaboração do Fundo Nacional de Meio Ambiente, o Pró-Sinos, a UNISINOS e o COMITESINOS (GOMES, 2007).

Segundo o projeto aprovado, o Plano Sinos foi estruturado em três etapas sequenciais, nas quais a efetiva participação social consistirá em processo essencial ao longo do desenvolvimento dos serviços, possibilitando a elaboração de documentos de fácil entendimento e assimilação pela sociedade (GOMES, 2007). Assim sendo, as etapas previstas para o Plano Sinos são:

- Etapa A, denominada "diagnóstico", objetiva sistematizar e consolidar o amplo acervo de informações existentes sobre a BHRS, principalmente no que se refere aos seus recursos hídricos. Está dividida em quatro atividades: sistematizar e consolidar as informações existentes sobre a BHRS; realizar a estruturação e implementação do SIG; realizar a síntese da situação atual; e propor a flexibilização da diretriz técnica FEPAM 01/2007.

- Etapa B, denominada "prognóstico", consiste na elaboração de cenários futuros para os recursos hídricos da BHRS, tanto em termos de quantidade como de qualidade, e na formalização de metas intermediárias para os objetivos de qualidade integrantes do atual resultado do processo de enquadramento existente. Estará dividida em três atividades, relacionadas: definição de uma proposta de vazão remanescente ou ecológica preliminar; avaliação de cenários, atual e para 20 anos, referente ao gerenciamento de diferentes atividades desenvolvidas na BHRS, incluindo aquelas relacionadas aos resíduos sólidos (atividade de relevante importância para o manejo sustentável da BHRS); execução da "Retomada" do Processo de Enquadramento na BHRS.

- Etapa C: corresponde a elaboração do Programa de Ações que representa o principal resultado do Plano Sinos, visto que apontará as ações e intervenções (estruturais e não estruturais) a serem implementadas na BHRS, com vistas a atingir os objetivos de qualidade e quantidade de água estabelecidos, nos prazos acordados, bem como para alcançar outras expectativas sociais que tenham vinculação com os recursos hídricos. Terá como atividades principais: definição do programa de ações; definição dos Critérios para Outorga, e realização da síntese do Plano Sinos (GOMES, 2007).

Os resultados esperados para o projeto do Plano Sinos são, entre outros, o Relatório da Coleta de Resíduos e Sistematização das Informações Existentes, através da utilização da relação bibliográfica indicada no Catálogo Bibliográfico da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (2005), dos resultados do Projeto MONALISA (2003) e dos resultados parciais do Plano de Saneamento da BHRS. Como resultado, almeja-se identificar, organizar e relacionar os diversos projetos, intervenções, ações e programas, previstos para a região em estudo, sejam eles de natureza pública ou privada. Especial atenção será prestada aos Planos Diretores Urbanos de cada cidade e suas repercussões quanto à expansão das áreas urbanizadas e taxas de ocupação, bem como quanto às repercussões diretas nos recursos hídricos (notadamente quanto à drenagem urbana).

Outro resultado esperado pelo Plano é o Relatório da Estruturação e Implementação do SIG, que aborda a identificação dos usos atuais da área. É a chamada classificação de uso do solo, ou da terra, para alguns autores. Os elementos básicos para a execução dessa atividade são: imagens de satélite, fotografias aéreas e mapas topográficos. As etapas envolvidas referem-se à revisão bibliográfica ou no caso, análise crítica sobre trabalhos anteriores e dados existentes, visando subsidiar a organização do levantamento atual; levantamento de dados ainda necessários para o trabalho, se já não existirem (relevo, solos, vegetação, geologia, etc.); elaboração ou organização da base cartográfica (principalmente drenagens e sistema viário, que auxiliam a localização em campo e nas imagens e fotografias); classificação das imagens de satélite referente aos usos escolhidos (incluindo revisão à campo dos resultados); levantamento de dados secundários (econômicos, sociais e ambientais); e finalmente a integralização de todas as informações anteriores. Com base no Sistema de Informações Geográficas desenvolvido no âmbito do Projeto MONALISA (2003) e projetos anteriores dos parceiros/membros do COMITESINOS, será estruturado o banco

de dados da BHRS com o objetivo de servir ao Plano Sinos como ferramenta para a manipulação de informações, facilitando e agilizando o desenvolvimento dos trabalhos.

Também é esperada a produção de um Relatório Síntese do Diagnóstico da situação atual da BHRS, assim como o Relatório dos Cenários Futuros Qualitativos. Para a questão dos resíduos sólidos, deverão ser estudados os formatos atuais de gerenciamento de resíduo sólidos domésticos, de resíduos de construção e demolição e lodos de estações de tratamento de água e esgoto, de forma a subsidiar a elaboração de cenários futuros e a proposição de ações que mitiguem as atividades potencialmente poluidoras. Serão utilizados dados secundários levantados na etapa anterior. As informações serão espacializadas, empregando as ferramentas de geoprocessamento, subdivididas no baixo, médio e alto Rio dos Sinos. Outra ação relacionada é a pontuação da gestão municipal empregando método de indicadores de sustentabilidade, abordando todas as etapas do manejo de resíduos e efluentes. Para completar a elaboração e avaliação dos cenários, também as áreas atuais de disposição de resíduos, sistemas de tratamento de água e esgoto e centrais de reciclagem e disposição de resíduos da construção e demolição na BHRS serão pontuados empregando-se método de seleção de áreas e de análise de eficiência de tratamento. Finalmente serão dimensionadas as demandas por Centrais de Triagem e Compostagem, Aterros Sanitários, Centrais Consorciadas de Tratamento de lodos e lixiviado e Centrais de reciclagem e disposição de resíduos da construção e demolição na BHRS. Essa avaliação técnica será confrontada com os licenciamentos ambientais existentes. Em termos de quantidade serão projetadas as demandas futuras e incorporadas aos balanços hídricos.

Os horizontes temporais considerarão os marcos cronológicos adotados no Plano de Saneamento, abrangendo três níveis: imediatas ou de curto prazo; de médio prazo e de longo prazo (20 anos). Para este cenário serão montadas projeções das condições de qualidade e quantidade que expressem a futura relação entre disponibilidades e demandas hídricas. As intervenções que integrarão o cenário em questão serão resultado de análise sobre os elementos (programas, ações e projetos) levantados anteriormente na Etapa de Diagnóstico.

4 METODOLOGIA

A metodologia proposta para a estruturação desta pesquisa fundamenta-se nos objetivos contidos no Plano Sinos, e tem como finalidade realizar a análise de cenários alternativos para o gerenciamento de RSDR na região.

Para alcançar os objetivos propostos, o método foi dividido em 8 etapas:

1. Pesquisa bibliográfica – Etapa realizada em fase inicial para verificar o estado da arte, buscando definir a metodologia adotada.
2. Delimitação da amostra – Importante para tornar possível a realização do estudo no período do curso de Mestrado.
3. Levantamento de dados – Abrangendo 2 etapas: (i) a caracterização da área e da população, através da revisão bibliográfica; (ii) a coleta de dados *in loco* através da aplicação de questionário aos organismos responsáveis pelo gerenciamento de resíduos sólidos domésticos no município.
4. Aplicação em SIG – Tabulação das informações coletadas em banco de dados georreferenciado.
5. Diagnóstico da situação atual
6. Prognóstico futuro – nos horizontes de 10 e 20 anos
7. Análise e discussão dos resultados – etapa final para obtenção das conclusões do trabalho.

O fluxograma da Figura 7 apresenta as etapas descritas anteriormente.

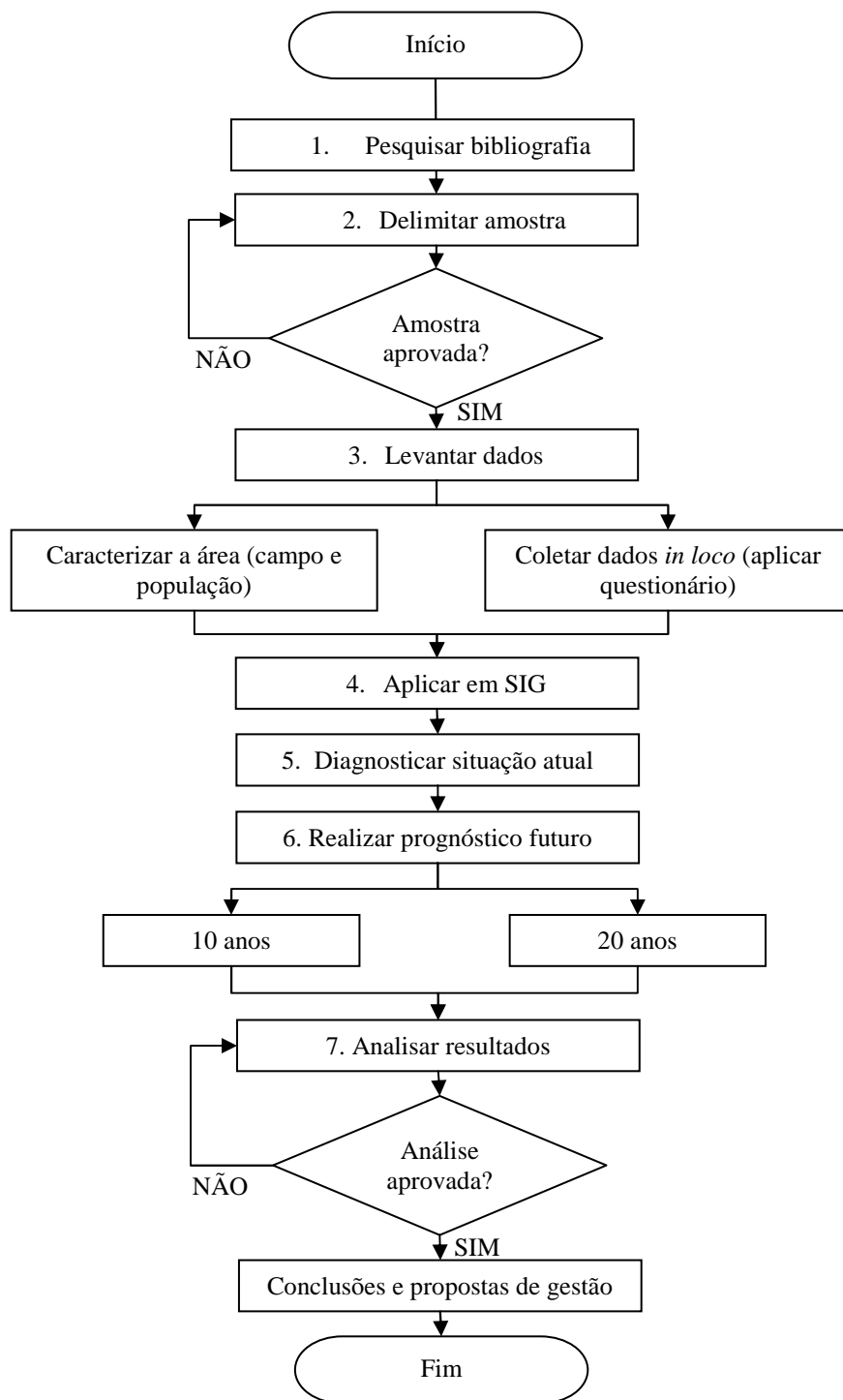


Figura 7 - Fluxograma de desenvolvimento da pesquisa.

4.1 Pesquisa bibliográfica

A realização deste estudo se fez mediante levantamento bibliográfico para consolidação do quadro teórico, busca de informações sobre a gestão de resíduos sólidos na BHRS e consolidação da metodologia empregada.

Algumas das informações, necessárias para a etapa de diagnóstico, foram buscadas nos bancos de dados pré-existentes indicados no Catálogo Bibliográfico da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (2005) e nos resultados do Projeto MONALISA (2003).

4.2 Delimitação da Amostra

Para que o desenvolvimento da pesquisa no período do curso de Mestrado fosse factível, foi necessário delimitar a amostra do estudo. Partindo do mapa da BHRS (Figura 5) e da tabela com dados dos municípios (Tabela 3) foi possível definir os critérios de seleção.

Os cortes da pesquisa foram definidos considerando quatro critérios: (i) localização dos municípios dentro da BHRS; (ii) proporção de ocupação na BHRS; (iii) grau de urbanização; (iv) proximidade entre os municípios selecionados, para que as interferências na BHRS não fossem estudadas isoladamente.

A seguir estão descritos os critérios empregados:

i) *Critério de localização dentro da BHRS* – Considerando o conceito citado por FREITAS (1999) *apud* FERRAZ & BIZZO (2007) de que os estudos que relacionam as atividades dos seres humanos e as suas conseqüências para os ambientes físicos devem considerar a Bacia Hidrográfica como um elemento-chave para orientar seus resultados. Visto que, somente dessa forma é possível analisar as inter-relações vitais para o equilíbrio ecológico do ecossistema local.

ii) *Critério de Proporção de Ocupação da Bacia Hidrográfica* – Através de entrevistas com as secretarias, responsáveis pela coleta seletiva, dos municípios que compõem o COMITESINOS, constatou-se que aqueles que ocupam um percentual muito baixo da área da BHRS consideram irrelevante a sua participação neste estudo por possuírem apenas pequenos arroios conectados à malha do Rio dos Sinos. Portanto,

o critério inicial deste estudo considerará aqueles municípios que possuem mais de 50% da sua área sobre a BHRS, pois municípios com maior ocupação sobre a área da BHRS possuem maior probabilidade de causar riscos ao meio ambiente da mesma

iii) *Critério de Urbanização* – Este critério foi baseado nos trabalhos de DE LUCA (1999) e OLIVEIRA *et al.* (1998) *apud* DE DEUS *et al.* (2004). Define faixas populacionais, através do agrupamento dos municípios do estado do Rio Grande do Sul em função da população urbana, sendo estas:

- Faixa A: Municípios de pequeno porte, população urbana menor que 10.000 habitantes;
- Faixa B: Municípios de médio porte, população urbana entre 10.000 e 100.000 habitantes.
- Faixa C: Municípios de grande porte, população urbana maior que 100.000 habitantes;

iv) *Critério de proximidade entre municípios* – O estudo dos municípios através de núcleos, compreendendo a união de municípios limítrofes, auxilia a compreensão das especificidades regionais, analisa as interferências entre municípios vizinhos e facilita a execução do gerenciamento de RSDR (SILVA, 2008).

Neste sentido, considerando a BHRS como elemento fundamental deste estudo, o critério de proximidade busca estudar núcleos que possam gerar uma análise realista da situação atual.

Portanto, os municípios que serão estudados foram ilustrados na Figura 8 e listados na Tabela 4, a seguir, os quais foram definidos a partir dos critérios anteriormente citados.

Tabela 4 - Dados dos municípios pertencentes a BHRS que compuseram a amostra.

Porte	Município	População total (hab) (IBGE 2006)	Área total (km ²)	% Área na Bacia Hidrográfica	Área na Bacia Hidrográfica (km ²)	População na Bacia Hidrográfica
Pequeno e Médio	Campo Bom	56.595	62,50	100,00	62,50	56.595
	Estância Velha	40.740	50,21	93,53	46,96	38.104
	Portão	25.583	157,40	85,99	135,35	21.998
Grande	Novo Hamburgo	253.067	223,50	100,00	223,50	253.067
	São Leopoldo	207.721	100,50	100,00	100,50	207.721
	Sapuçaia do sul	122.231	57,00	100,00	57,00	122.231
	TOTAIS	705.937	651,11		625,81	699.716

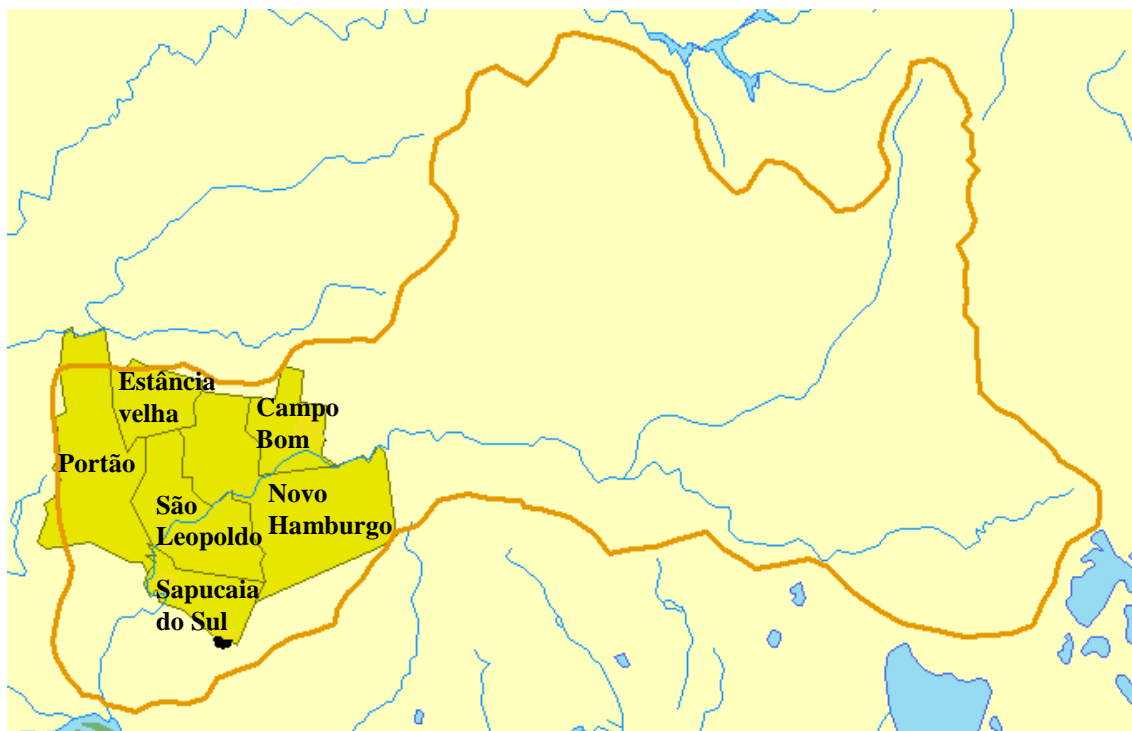


Figura 8 - Municípios da amostra.

Dessa forma, optou-se por utilizar 6 municípios, que ocupam somente 17% do território da BHRS, mas que compõem 56% da população que ocupa a BHRS (Tabela 3).

4.3 Levantamento de Dados

A etapa de levantamento de dados da região de estudo envolveu as seguintes ações: (1) Caracterização da área de estudos; (2) Coleta de dados sobre a coleta de RSDR.

4.3.1 Caracterização da área de estudos

4.3.1.1 Campo

A coleta de dados sobre o gerenciamento de RSDR da BHRS foi realizada junto aos órgãos responsáveis de cada município (Tabela 5) e diretamente nas centrais de triagem ou sedes das cooperativas existentes (Tabela 6).

Tabela 5 – Órgãos responsáveis pelos dados dos municípios da BHRS.

Município	Órgãos responsáveis
Campo Bom	Coordenadoria de Meio Ambiente
Estância Velha	Secretaria Municipal do Meio Ambiente e Preservação Ecológica
Novo Hamburgo	Secretaria de Meio Ambiente e Planejamento Urbano
Portão	Departamento de Meio Ambiente
São Leopoldo	Secretaria Municipal do Meio Ambiente
Sapucaia do Sul	Secretaria do Meio Ambiente

Tabela 6 - Fontes responsáveis de dados sobre a triagem de resíduos nos municípios estudados.

Município	Responsáveis pela triagem de resíduos
Campo Bom	COOLABORE – Cooperativa de Construção Civil e Limpeza de Campo Bom
Estância Velha	COOPEREV – Cooperativa dos Recicladores de Estância Velha
Novo Hamburgo	COPREL – Cooperativa dos Recicladores de Novo Hamburgo
Portão	KLL Transportes Ltda.
São Leopoldo	COOPERESIDUOS – Cooperativa de Catadores de Resíduos e Prestação de Serviços de São Leopoldo
Sapucaia do Sul	Não há triagem de resíduos

4.3.1.2 População

Configuram-se como universo da pesquisa os 6 municípios selecionados através de amostragem (item 4.2): Campo Bom, Estância Velha, Novo Hamburgo, Portão, São Leopoldo e Sapucaia do Sul.

4.3.2 Coleta de dados

A coleta de dados ocorreu entre os meses de junho e dezembro de 2008. Os dados levantados são provenientes de questionário (Figura 9), enviado com a ajuda do COMITESINOS aos órgãos responsáveis em cada município (Tabela 5).

POR FAVOR, ENVIE O QUE ESTÁ DISPONÍVEL NO MUNICÍPIO, NÃO HAVENDO O DADO, APENAS RESPONDA NA TABELA “NÃO EXISTENTE A INFORMAÇÃO”.

Tabela 1. Dados para caracterização da área de estudos

Dados	Formato
1. Localização:	Planta (*)
a) das principais unidades geradoras de resíduos sólidos domésticos	Planta
b) das centrais de triagem	Planta
c) dos destinos dos resíduos sólidos domésticos	Planta
d) dos destinos dos resíduos recicláveis	Planta
e) das estações de transbordo (transferência)	Planta
2. Identificação das rotas/vias:	Planta
a. dos corredores de tráfego municipais	Planta
b. das rotas de coleta convencional	Planta
c. das rotas de coleta seletiva	Planta
3. Aerofotogramétricos	Imagem
4. Históricos dos programas de coleta seletiva dos municípios	texto
5. Dados sobre volume de resíduos	
a. Nº de domicílios atendidos pela coleta	Texto
b. Nº de domicílios atendidos pela coleta seletiva	Texto
c. Quantidade de resíduos sólidos domésticos produzidos	Texto
d. Quantidade de resíduos sólidos domésticos recicláveis produzidos	Texto
e. Quantidade de resíduos sólidos domésticos coletados	Texto
f. Quantidade de materiais recicláveis coletados	Texto
g. Quantidade de resíduos sólidos domésticos enviados aos aterros	Texto
h. Capacidade das centrais de triagem	Texto
i. Quantidade de rejeitos (Centrais de triagem)	Texto
6. Dados Gerenciais	
a. Arranjo Institucional	Texto
b. Forma gerencial	Texto
c. Etapas para implantação do sistema de coleta	Texto
d. Fluxos de desenvolvimento	Texto
e. Indicadores de cobertura do programa	Texto
f. Localização das centrais de triagem	Planta
g. Itinerários/roteiros de coleta seletiva	Planta
h. Dados sobre as distâncias percorridas pelos caminhões	Texto
7. Dados sociais	
a. Quantidade de entidades de catadores	Texto
b. Quantidade de catadores	Texto
c. Data de aderência ao programa	Texto
8. Econômico	
a. Quantidade de itens recicláveis comercializados (tipos e volume)	Texto
b. Forma de comercialização	Texto
9. Programas de Conscientização	Texto

(*) Planta: refere-se a arquivo digital, formato Acad. Se não houver, cópia em papel. Caso o município não tenha a planta, poderá ser informada a localização georeferenciada da instalação.

Figura 9 – Questionário aplicado aos municípios participantes da pesquisa.

Durante esta etapa, assim como ocorreu com alguns autores da revisão bibliográfica (ex: BRINGHENTI *et al.*, 2007) o questionário foi enviado e, por diversas vezes reenviado, a prefeituras e entidades que desenvolvem programas de coleta seletiva. Adicionalmente foram feitos contatos telefônicos para solicitação dos dados.

Em alguns casos, em face das dificuldades em obter retorno dos municípios, resolveu-se concentrar a pesquisa nas informações disponibilizadas nos sites das prefeituras e de entidades do setor. Em outros casos, somente a visita *in loco* possibilitou a obtenção das respostas ao questionário.

4.4 Aplicação das Informações em SIG

Para realizar o diagnóstico e os prognósticos do sistema de coleta de RSDR da região foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento, através da inserção dos dados coletados em SIG.

4.4.1 Materiais

As bases cartográficas, necessárias para iniciar a aplicação dos dados coletados, foram obtidas a partir do Projeto MONALISA (MONALISA, 2003) e do banco de dados do Laboratório de Sensoriamento Remoto e Cartografia Digital (LASERCA) da UNISINOS, em escala 1:50.000. Os pontos que não possuíam informações das coordenadas geográficas, mas apenas o endereço, foram obtidos através da ajuda do *software Google Earth*.

Para a conversão de dados com coordenadas geográficas (em graus minutos e segundos) em UTM (*Universal Transverse Mercator*, em metros) foi utilizada a calculadora geográfica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), disponível em www.dpi.inpe.br/calcula.

4.4.2 Métodos

De posse das bases de dados necessárias, a metodologia para aplicação destes em ambiente de SIG seguiu conforme a descrição do passo-a-passo contido no Apêndice.

Para a inserção de pontos, definido os locais de destinação final dos resíduos (triagem, aterro sanitário, compradores de resíduos), as coordenadas geográficas coletadas necessitaram ser convertidas de “graus-minutos-segundos” para “graus

decimais”, através do auxílio da calculadora geográfica do INPE, conforme descrito na Tabela 7.

Tabela 7- Conversão das coordenadas geográficas calculadas a partir da calculadora geográfica do INPE.

Vertice	DESCRIÇÃO	GRAU-MINUTO		GRAU DECIMAL	
		LONG	LAT	X-UTM	Y-UTM
COOLABORE	CENTRAL DE TRIAGEM	-510118	-294013	-51,02166667	-29,67027778
AterroCB	ATERRO SANITÁRIO	-510118	-294013	-51,02166667	-29,67027778
Sul BrasilPoA	COMPRADOR	-511103	-300030	-51,18416667	-30,00833333
GerdauSapucaia	COMPRADOR	-511020	-294852	-51,17222222	-29,81444444
SerraGaucha Caxias	COMPRADOR	-511100	-291021	-51,18333333	-29,1725
Plastilimpe_Venancio	COMPRADOR	-521115	-293806	-52,1875	-29,635
Recividro Sapucaia	COMPRADOR	-510646	-295148	-51,11277778	-29,86333333
MiguelNH	COMPRADOR	-510701	-294110	-51,11694444	-29,68611111
Central triagem EV	CENTRAL DE TRIAGEM	-511237	-293952	-51,21027778	-29,66444444
SIL	ATERRO SANITÁRIO	-520131	-300825	-52,02527778	-30,14027778
Rainha da sucata SL	COMPRADOR	-511003	-294558	-51,1675	-29,76611111
Comercio de sucata scharlau	COMPRADOR	-510852	-294433	-51,14777778	-29,7425
MN Rodrigues Parobé	COMPRADOR	-504932	-293751	-50,82555556	-29,63083333
Central triagem NH	CENTRAL DE TRIAGEM	-510744	-293852	-51,12888889	-29,64777778
Pablo Canoas	COMPRADOR	-511040	-295508	-51,17777778	-29,91888889
Central triagem PO	CENTRAL DE TRIAGEM	-511246	-294057	-51,21277778	-29,6825
Central triagem SL-UNICILAR	CENTRAL DE TRIAGEM	-510920	-294334	-51,15555556	-29,72611111
Central triagem SL COOPERESIDUOS	CENTRAL DE TRIAGEM	-511118	-294405	-51,18833333	-29,73472222
Aterro SL	ATERRO SANITÁRIO	-511118	-294405	-51,18833333	-29,73472222
Assis SL	COMPRADOR	-510958	-294637	-51,16611111	-29,77694444
Evandro NH	COMPRADOR	-510701	-294110	-51,11694444	-29,68611111
BNC SL	COMPRADOR	-510958	-294637	-51,16611111	-29,77694444
Aterro SAPUCAIA	ATERRO	-510548	-295116	-51,09666667	-29,85444444

4.5 Diagnóstico da Situação Atual

A etapa de diagnóstico permitiu realizar a análise da realidade da região da BHRS, considerando os dados levantados dos municípios. Assim como a etapa anterior, em que os dados foram tabulados para a aplicação em SIG, esta seguirá utilizando como principal recurso o *software ArcGIS*, cuja descrição do passo-a-passo encontra-se no Apêndice, conforme a metodologia aplicada por SANTOS (1999).

Para diagnosticar a situação atual do gerenciamento de resíduos sólidos, foram detectados os principais indicadores de qualidade de um sistema de gerenciamento de RSDR, conforme a bibliografia citada na Tabela 8.

Tabela 8 - Referência de indicadores de qualidade do sistema de gerenciamento de RSDR adotados nesta pesquisa.

Indicador	Bibliografia
Programas de conscientização	BRINGHENTI <i>et al.</i> (2007)
Cooperativas	BRINGHENTI <i>et al.</i> (2007)
Legislação municipal específica	GÜNTHER <i>et al.</i> (2007)
Coleta seletiva	GÜNTHER <i>et al.</i> (2007)
Índice de aproveitamento do resíduo coletado	DALFOVO <i>et al.</i> (2007)
Escolaridade	BRINGHENTI <i>et al.</i> (2007)
IDH	IDH (2008)
PIB per capita	IDB (2007)
Grau de urbanização	BRINGHENTI <i>et al.</i> (2007)
População	BRINGHENTI <i>et al.</i> (2007)
Resíduos produzidos por habitante ao dia	SILVA (2000).

A partir da leitura do levantamento bibliográfico, foram identificados os valores de referência para alguns indicadores, como: Índice de aproveitamento dos resíduos, Índice de desenvolvimento humano (IDH), Produto interno bruto (PIB) *per capita* e quantidade de resíduos produzidos por habitante (Tabela 9).

Tabela 9 - Valores de referência para os diferentes indicadores utilizados.

Indicador	Valores de referência
Índice de aproveitamento do resíduo coletado	Média do aproveitamento no Brasil nas esteiras de catação: 8%
IDH	IDH considerado como médio desenvolvimento humano: de 0,450 a 0,800
PIB per capita	PIB per capita da região metropolitana em 2000: R\$13.309,62/ano
Resíduos produzidos por habitante ao dia	Média da produção de resíduos brasileira: 600g por habitante ao dia

Para os demais indicadores foram definidos, com base na bibliografia, graus de importância ao gerenciamento de RSDR (Figura 11):

(i) O aproveitamento percentual de resíduos coletados que conseguem ser reaproveitados nas centrais de triagem é o principal fato a determinar se um município está realizando um bom gerenciamento de resíduos;

(ii) A existência de cooperativas de triagem, de serviço de coleta seletiva e de programas de conscientização são elementos que colaboram para um bom aproveitamento dos resíduos nas centrais de triagem, portanto também foram considerados fatores importantes ao gerenciamento;

(iii) As características dos municípios que interferem na qualidade de vida da população como a escolaridade e o IDH são fatores que contribuem para a conscientização e o conseqüente bom aproveitamento dos resíduos;

(iv) O volume de resíduos produzidos, gerados por um alto PIB *per capita* e uma grande quantidade de habitantes, são fatores que dificultam o gerenciamento eficiente dos resíduos;

(v) Por fim, o grau de urbanização foi considerado relevante, uma vez que o foco da grande produção de resíduos sólidos encontra-se atualmente nos grandes centros urbanos.

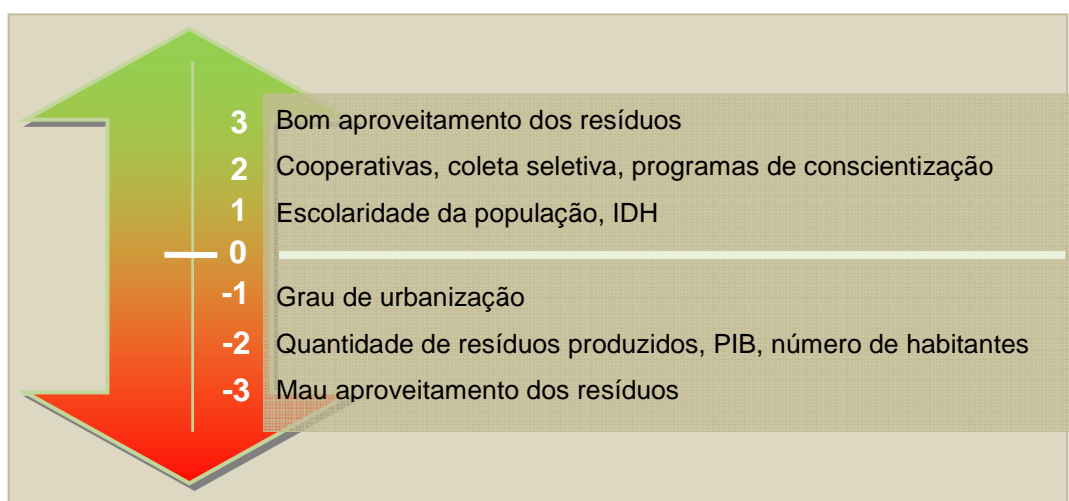


Figura 11 – Grau de relevância ao gerenciamento de RSDR formulado a partir da definição da metodologia deste estudo.

Portanto, a partir das referências encontradas na bibliografia, foram estabelecidos pesos para cada indicador de qualidade de um sistema de gerenciamento de RSDR na Tabela 10, a seguir, em função da sua importância para um gerenciamento sustentável (conforme bibliografia da Tabela 8).

Tabela 10 - Reclassificação dos Indicadores.

Indicador	Peso
Programas de conscientização	Se existe = 2; se não existe = 0
Cooperativas	Se existe = 2; se não existe = 0
Legislação municipal específica	Se existe = 1; se não existe = 0
Coleta seletiva	Se existe = 2; se não existe = 0
Índice de aproveitamento do resíduo coletado = $\frac{\text{resíduo removido na esteira de catação}}{\text{quantidade total de resíduo coletado}} \times 100$	0% = -3; de 1% a 5%=-2; de 6% a 7%=-1; 8%=0; de 9% a 10%=1; de 11% a 15%=2; maior que 16%=3
Escolaridade = soma dos percentuais de pessoas com ensino médio e ensino superior completos	Até 19% = 0; de 20% a 30%=1; Maior que 30%=2
IDH	De a 0,500 a 0,800=0; de 0,800 a 0,900=1; Maior que 0,900=2
PIB (R\$ <i>per capita/ano</i>)	Até 10.000 = 0; de 10.001 a 15.000 = -1; de 15.001 a 17.000 = - 2; Maior que 17.001 = - 3
Grau de urbanização = $\frac{\text{número de habitantes nas zonas urbanas}}{\text{número total de habitantes}} \times 100$	Até 80%=0; de 81% a 90%= -1; Maior que 91% = -2
População	Menor que 100.000 habitantes=0; Maior que 100.001 habitantes = -2
Resíduos produzidos (g/hab./dia)	Até 400=1; de 401 a 500 = 0; de 501 a 600 = - 1; maior que 601 = -2

Após a definição dos pesos dos indicadores, realizou-se um diagnóstico da situação atual do gerenciamento de resíduos sólidos, através da metodologia aplicada por SANTOS (1999), a qual permite realizar a álgebra de mapas a partir da soma dos pesos atribuídos a cada indicador (Tabela 10) imputados no *software ArcMap*.

Para a obtenção do diagnóstico foi realizada a soma de indicadores, com base nos dados da Tabela 11, conforme as fórmulas a seguir:

- i) Diagnóstico do município = indicador A + indicador B + ... indicador K

Tabela 11 - Valores atribuídos para confecção da álgebra de mapas.

Indicador	Valor do tema	Valor reajustado	Coefficiente – 10 anos	Coefficiente – 20 anos
(A) Cooperativas	0	0	3	5
	1	2	3	5
(B) Programas de conscientização	0	0	1	1
	1	3	1	1
(C) Legislação municipal específica	0	0	1	1
	1	1	1	1
(D) Coleta seletiva	0	0	1	1
	1	1	1	1
(E) Índice de aproveitamento de resíduos	0	-3	1	1
	7	-1	1	1
	9	1	1	1
	17	3	1	1
	19	3	1	1
(F) Escolaridade	15	0	1,3	1,6
	18	0	1,3	1,6
	20	1	1,3	1,6
	22	1	1,3	1,6
	24	1	1,3	1,6
	31	2	1,3	1,6
(G) IDH	0,742	0	1	1
	0,805	1	1	1
	0,808	1	1	1
	0,809	1	1	1
	0,831	1	1	1
	0,837	1	1	1
(H) PIB (R\$/per capita/ano)	9.243	0	2	3
	9.334	0	2	3
	12.584	1	2	3
	12.727	1	2	3
	16.805	2	2	3
	19.293	3	2	3
(I) Grau de urbanização	80	0	1,01	1,02
	96	-2	1,01	1,02
	97	-2	1,01	1,02
	98	-2	1,01	1,02
	99	-2	1,01	1,02
(J) População	24.657	0	1,2	1,4
	35.132	0	1,2	1,4
	54.018	0	1,2	1,4
	122.751	-2	1,2	1,4
	193.547	-2	1,2	1,4
	236.193	-2	1,2	1,4
(K) Resíduos produzidos (g/hab.dia)	439	2	2,33	3,66
	446	2	2,33	3,66
	466	1	2,33	3,66
	527	0	2,33	3,66
	595	0	2,33	3,66
	648	-1	2,33	3,66

4.6 Prognóstico Futuro

Na etapa de prognóstico foram simulados cenários possíveis para o gerenciamento de RSDR conforme a descrição a seguir. Assim como nas duas etapas anteriores, o prognóstico foi realizado utilizando as técnicas de geoprocessamento com o *software ArcGIS*.

Os cenários testados consideraram dois horizontes temporais, previamente estabelecidos como marcos cronológicos do projeto do Plano Sinos:

- (i) Médio prazo (10 anos);
- (ii) Longo prazo (20 anos).

Para realizar a simulação foram consideradas as premissas da Tabela 12 e imputados os novos dados no *software*.

Tabela 12 – Premissas consideradas para análise de prognóstico.

Indicador	Premissa	Fonte
Cooperativas	Há 10 anos atrás as cooperativas estudadas não existiam, portanto foi considerada uma taxa de crescimento do número de cooperativas de 100% a cada 5 anos.	Questionário aplicado às cooperativas.
População	Taxa de crescimento da população da região metropolitana de Porto Alegre de 1996 a 2006: 20%	IDB (2004)
Resíduos produzidos por habitante ao dia	Em 30 anos, os brasileiros aumentaram 400% o consumo de produtos industrializados.	SEGALL-CORREA & SALLES-COSTA (2008)
Escolaridade	Em 5 anos (de 2001 a 2006) a taxa de escolaridade da região metropolitana de Porto Alegre aumentou 15%.	IDB (2007)
PIB per capita	Em 10 anos (de 1996 a 2006) o PIB per capita do estado do Rio Grande do Sul duplicou.	IDB (2007)
Grau de urbanização	Em 10 anos (de 1996 a 2006) o grau de urbanização das cidades da região metropolitana de Porto Alegre aumentou 1%.	IDB (2007)

A partir das premissas identificadas na bibliografia, foram adotados índices de crescimento para cada um dos indicadores (Tabela 13) e imputados no *software ArcMap* como coeficientes da álgebra de mapas.

Tabela 13 - Índices de crescimento dos indicadores utilizados.

Indicador	Índice de crescimento	
	10 anos	20 anos
Cooperativas	200%	400%
População	20%	40%
Resíduos produzidos por habitante ao dia	133%	266%
Escolaridade	30%	60%
PIB per capita	100%	200%
Grau de urbanização	1%	2%

Assim, de posse dos dados levantados e tabulados, foi realizado o prognóstico do gerenciamento de RSDR, considerando a metodologia de SANTOS (1999), os pesos atribuídos aos indicadores (Tabela 10) e os índices de crescimento dos indicadores, conforme a Tabela 13.

Para a obtenção dos prognósticos foi realizada a soma de indicadores, com base nos dados da Tabela 11, conforme as fórmulas a seguir:

- i) Prognóstico para 10 anos do município = coeficiente 10 anos X (indicador A) + coeficiente 10 anos Y (indicador B) +... coeficiente 10 anos Z (indicador K)
- ii) Prognóstico par 20 anos do município = coeficiente 20 anos X (indicador A) + coeficiente 20 anos Y (indicador B) +... coeficiente 20 anos Z (indicador K)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O diagnóstico da situação atual do sistema de gerenciamento do RSDR baseou-se na análise dos mapas georreferenciados, elaborados a partir das informações contidas nos questionários respondidos pelas cooperativas e na revisão bibliográfica.

5.1 Caracterização dos municípios

A Tabela 14 mostra a caracterização dos municípios estudados (Campo Bom, Estância Velha, Novo Hamburgo, Portão, São Leopoldo, Sapucaia do Sul) com relação a diferentes aspectos interferentes na qualidade de vida da população. Os dados levantados na Tabela 14 serão explicados nos mapas a seguir.

Tabela 14 - Caracterização dos municípios.

		Campo Bom	Estância Velha	Novo Hamburgo	Portão	São Leopoldo	Sapucaia do sul	Fonte
	População (hab)	56595	40740	253067	25583	207721	122231	IBGE (2007)
Idade	de 0 a 9 anos	9498	6354	43041	4521	35592	22657	IBGE (2000)
	de 10 a 19 anos	10300	6752	43735	4659	36607	23437	IBGE (2000)
	de 20 a 39 anos	19133	12492	81011	8383	65737	40937	IBGE (2000)
	de 40 a 59 anos	11201	7288	49708	5187	40894	27070	IBGE (2000)
	mais de 60 anos	3886	2246	18698	1907	14717	8650	IBGE (2000)
sexo	Feminino	27340	17595	120761	12259	98863	62454	IBGE (2000)
	Masculino	26678	17537	115432	12398	94684	60297	IBGE (2000)
IDH		0,837	0,808	0,809	0,831	0,805	0,742	IDH (2000)
Densidade (hab/km²)		905	811	1.132	162	2.066	2.144	IBGE (2007)
Área total (km²)		62,5	50,21	223,5	157,4	100,5	57	IBGE (2008)
% Área na BHRS		100,00	93,53	100,00	85,99	100,00	100,00	COMITESINOS
Área na BHRS (km²)		62,5	46,96	223,5	135,35	100,5	57	COMITESINOS
Ano de instalação		1959	1959	1927	1963	1864	1961	Questionário
Código da Unidade Geográfica		4303905	4307609	4313409	4314803	4318705	4320008	IBGE (2000)
Grau de Urbanização		0,96	0,97	0,98	0,8	0,99	0,99	IBGE (2000)
Educação	Sem instrução	1645	1128	7685	976	6271	5047	IBGE (2000)
	até 4 anos	18906	9685	66723	8090	49040	32105	IBGE (2000)
	de 5 a 8 anos	21067	11487	65826	7324	54594	38112	IBGE (2000)
	de 9 a 11 anos	14816	4996	34144	2853	30580	20187	IBGE (2000)
	de 12 a 14 anos	1342	746	9435	408	8158	2491	IBGE (2000)
	15 anos ou mais	1051	557	7856	354	7798	1384	IBGE (2000)
PIB per capita		18768	12202	15062	17820	11252	10799	IBGE (2006)

A Figura 12 ilustra o dado ‘População’, contido na Tabela 14. Na figura abaixo podemos observar que os municípios mais populosos, São Leopoldo e Novo Hamburgo, são justamente aqueles por onde cruza o Rio dos Sinos e nos quais são encontrados os maiores focos de deposição inadequada de resíduos, conforme pode ser observado na Figura 6.

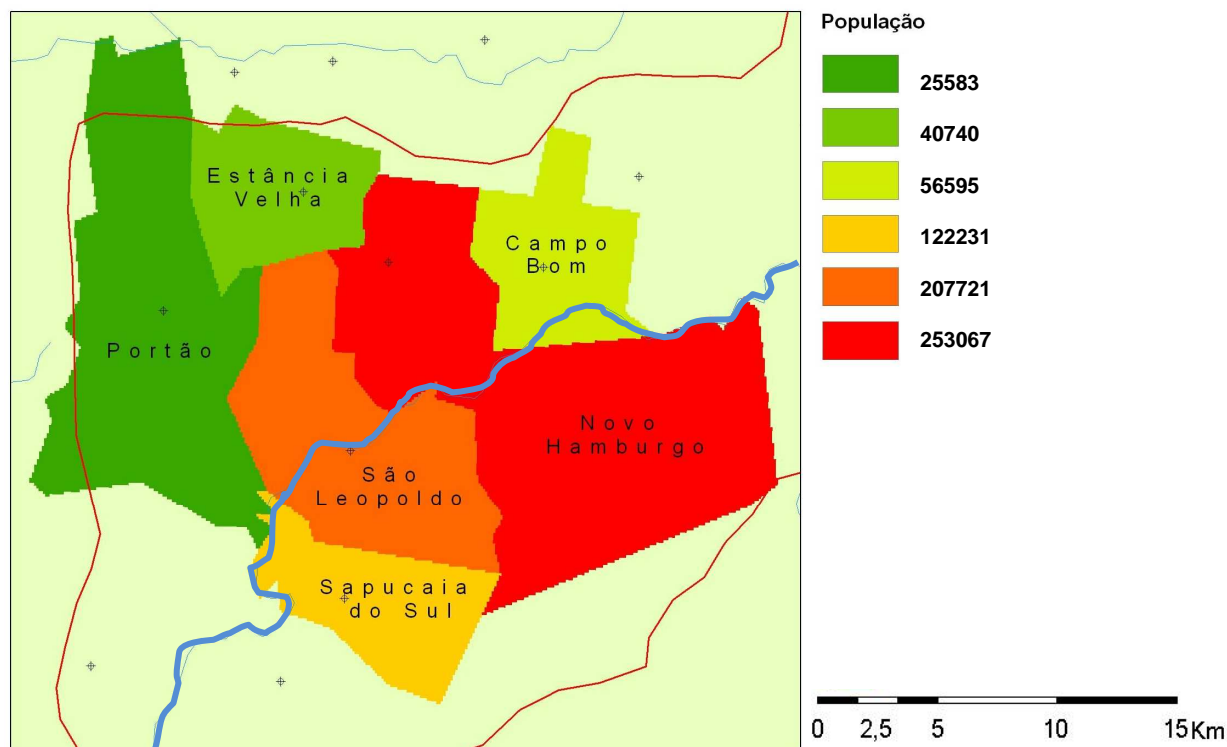


Figura 12 – População dos municípios da área de estudo.

Fonte: IBGE, 2007.

Por outro lado, ao analisar-se a densidade populacional, Sapucaia do Sul destaca-se pela alta quantidade de habitantes por km², 2.144. Situação oposta pode ser verificada no município de Portão, o qual possui apenas 162 habitantes por km² (Figura 13).

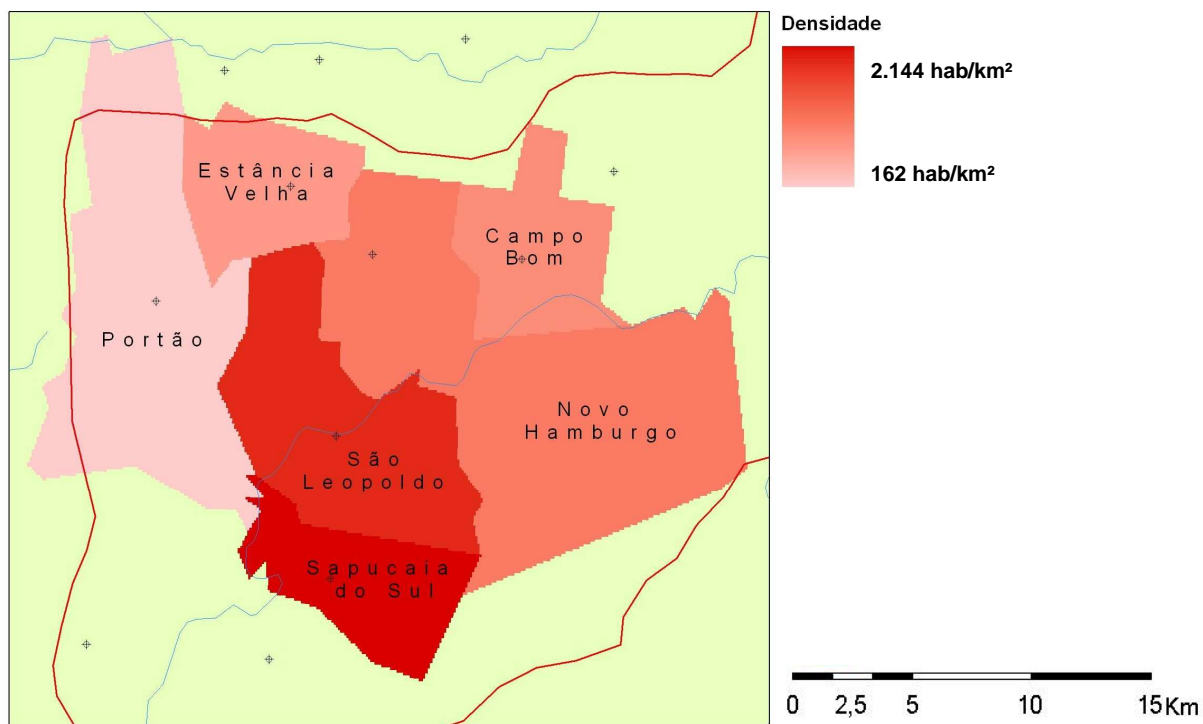


Figura 13 - Densidade populacional dos municípios da área de estudo.

Fonte: IBGE, 2007.

Quanto ao grau de urbanização, verifica-se que todos os municípios da amostra possuem altas taxas de habitantes vivendo em meio urbano, acima de 80%. No entanto, entre eles, Portão diferencia-se por ser 80% urbanizado, enquanto os demais variam entre 96% e 99% (Figura 14).

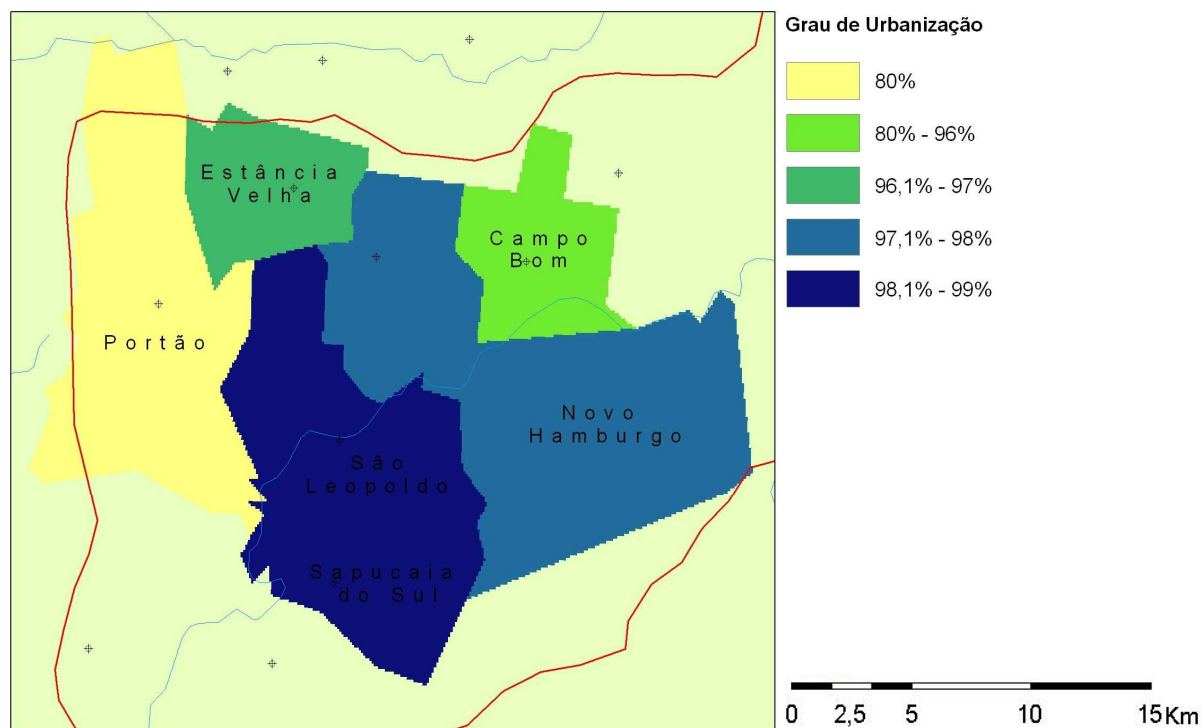


Figura 14 - Grau de urbanização dos municípios da área de estudo.

Fonte: IBGE, 2000.

A análise da idade dos habitantes não apontou diferenças significativas. Exceto pelo aumento de 1% a 2% na população adulta, de 20 a 39 anos, de Campo Bom e Estância Velha, em relação aos demais. E no aumento de 1% a 2% na população idosa de Novo Hamburgo, Portão e São Leopoldo, conforme se observa na Tabela 15 e na Figura 15.

Tabela 15 – Idade dos habitantes dos municípios componentes da amostra.

Idade	Campo Bom	Estância Velha	Novo Hamburgo	Portão	São Leopoldo	Sapucaia do sul
de 0 a 9 anos	18%	18%	18%	18%	18%	18%
de 10 a 19 anos	19%	19%	19%	19%	19%	19%
de 20 a 39 anos	35%	36%	34%	34%	34%	33%
de 40 a 59 anos	21%	21%	21%	21%	21%	22%
mais de 60 anos	7%	6%	8%	8%	8%	7%

Fonte: IBGE, 2007.

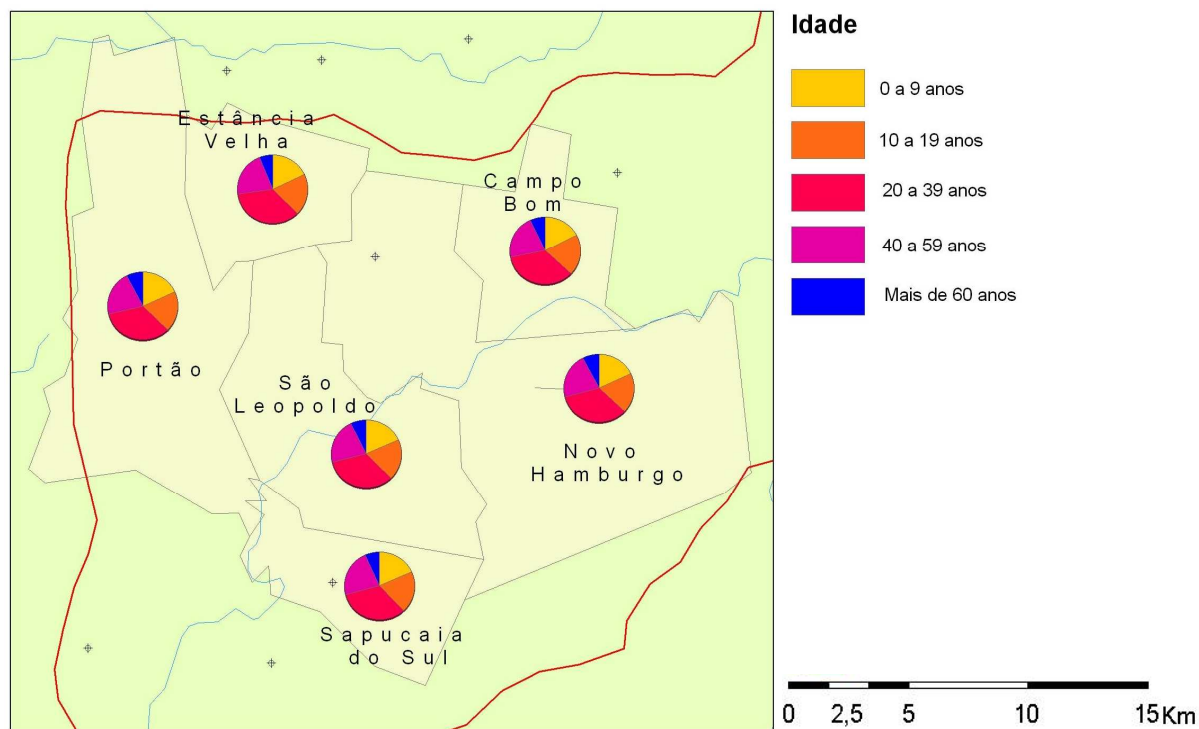


Figura 15 – Idade dos habitantes dos municípios da área de estudo.

Fonte: IBGE, 2000.

No entanto, a análise do grau de escolaridade dos habitantes revelou que, enquanto Campo Bom e Estância Velha possuem níveis de instrução semelhantes, Novo Hamburgo e São Leopoldo destacam-se dos demais por possuírem maior número de habitantes com ensino médio, ensino superior ou pós-graduação (Figura 16).

Neste aspecto, Portão demonstra viver outra realidade: 77% dos seus habitantes possuem ensino fundamental (40%) ou ensino médio (37%) completos (Tabela 16).

Tabela 16 – Escolaridade dos habitantes dos municípios componentes da amostra.

Escolaridade	Campo Bom	Estância Velha	Novo Hamburgo	Portão	São Leopoldo	Sapucaia do sul
Sem instrução	4%	4%	4%	5%	4%	5%
até 4 anos	35%	34%	35%	40%	31%	32%
de 5 a 8 anos	39%	40%	34%	37%	35%	38%
de 9 a 11 anos	17%	17%	18%	14%	20%	20%
de 12 a 14 anos	3%	3%	5%	2%	5%	3%
15 anos ou mais	2%	2%	4%	2%	5%	1%

Fonte: IBGE, 2000.

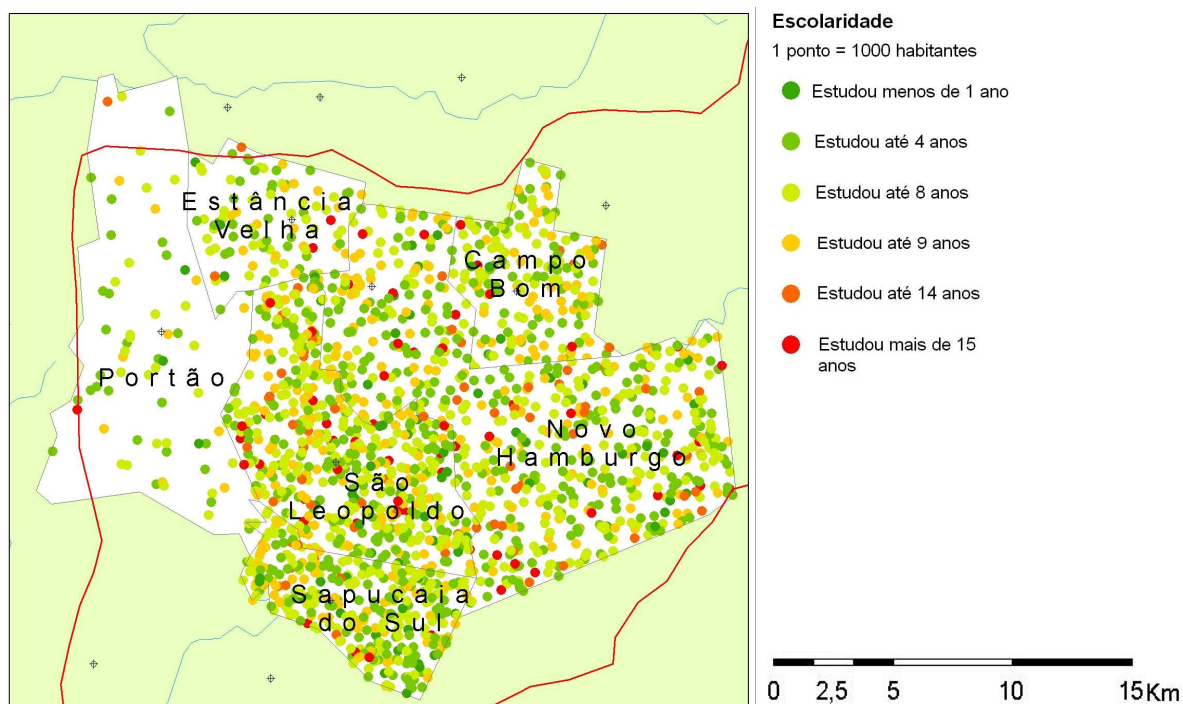


Figura 16 – Escolaridade dos habitantes dos municípios componentes da amostra.

Fonte: IBGE, 2000.

Analisando o PIB *per capita*, Sapucaia do Sul e São Leopoldo aparecem como os mais baixos, R\$ 10.799,00 e R\$ 11.252,00 respectivamente. E Campo Bom e Portão destacam-se pelo alto PIB *per capita*, R\$ 18.768,00 e R\$ 17.820,00, respectivamente. No entanto, a grande concentração de indústrias na região pode dificultar a identificação do real valor do PIB por habitante (Figura 17).

Mesmo assim, o IDH aponta os dois municípios, Campo Bom e Portão, como os que obtêm o melhor Índice de Desenvolvimento Humano e, portanto, com as melhores condições de qualidade de vida (Figura 18). Assim como as cidades com os maiores PIB são as que possuem os melhores índices de IDH, aquelas com os mais baixos PIB *per capita*, São Leopoldo e Sapucaia do Sul, foram as que obtiveram as piores avaliações do IDH.

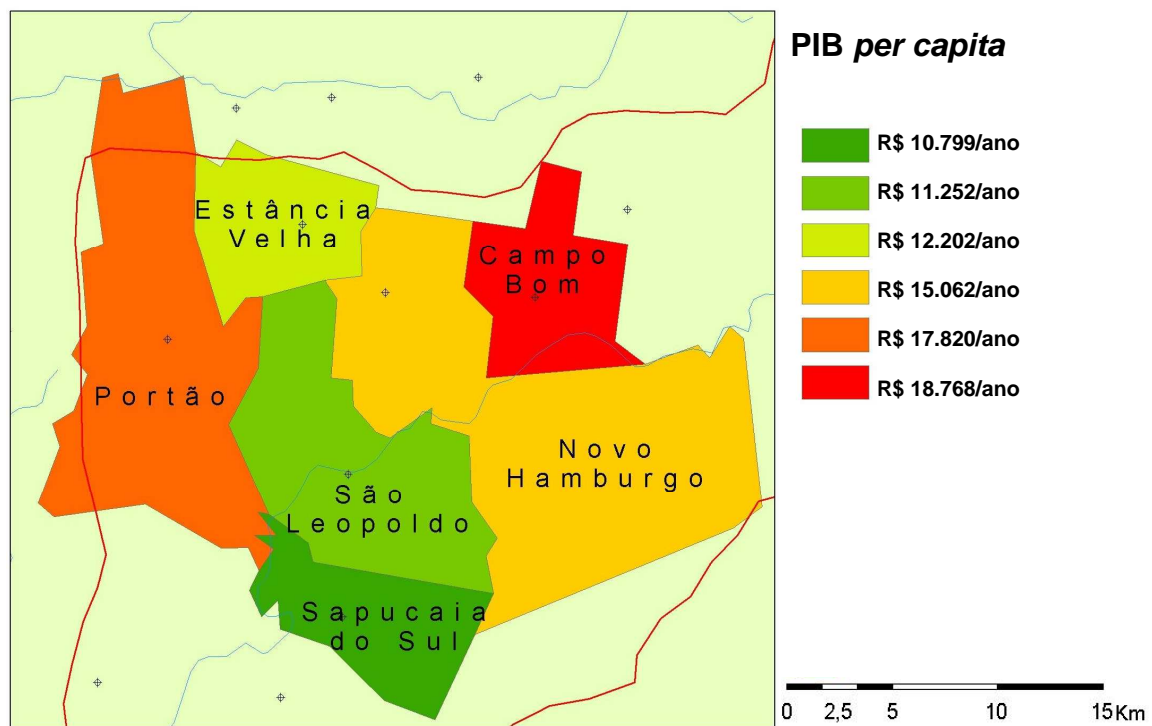


Figura 17 - PIB per capita dos habitantes dos municípios componentes da amostra.

Fonte: IBGE, 2006.

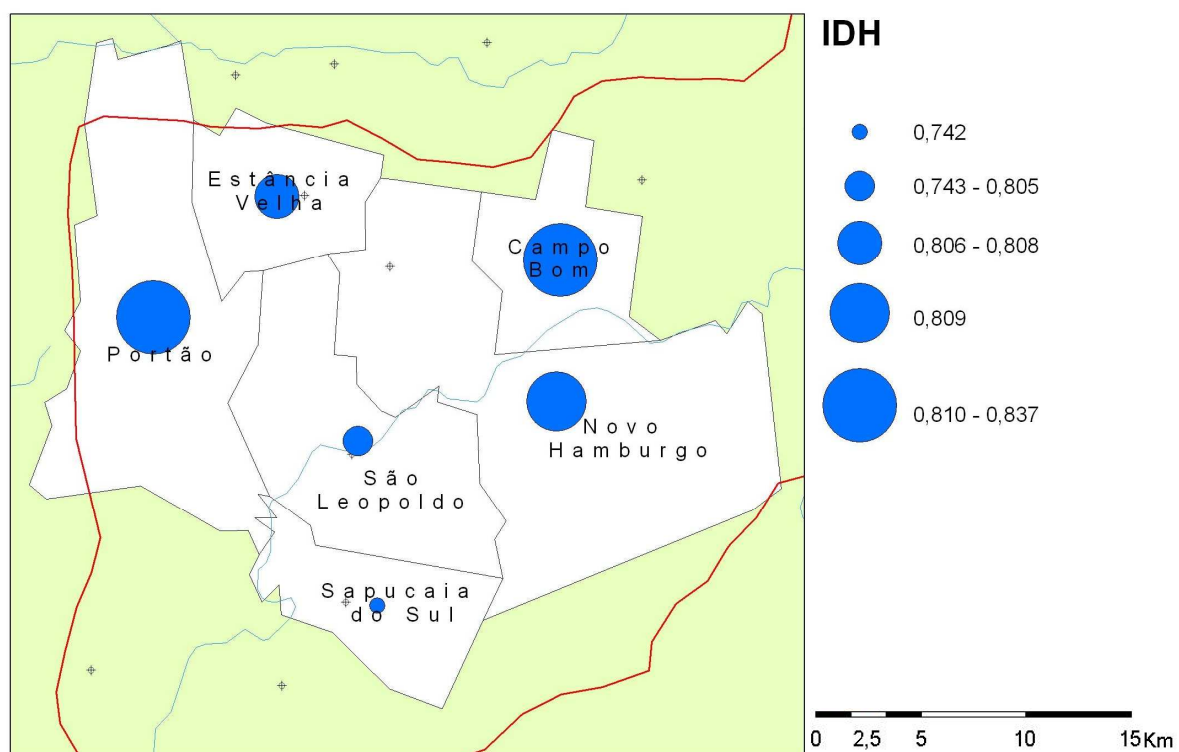


Figura 18 – Índice de Desenvolvimento Humano dos municípios da área de estudo.

Fonte: IDH, 2000.

5.2 Diagnóstico do gerenciamento de RSDR

A Tabela 17 mostra o diagnóstico da situação atual do gerenciamento de RSDR dos municípios da amostra, os quais geraram as Figuras 19, 20 e 25. Estes dados são discutidos a partir da análise das figuras referidas.

Tabela 17 - Situação do gerenciamento de resíduos.

	Campo Bom	Estância Velha	Novo Hamburgo	Portão	São Leopoldo	Sapucaia do sul	Fonte
volume de RSD coletado (t/dia)	35,0	18,5	110,0	11,0	85,0	73,0	Questionário
volume de RSDR produzido (kg/hab)	0,618	0,454	0,434	0,430	0,409	0,597	Questionário
% domicílios atendidos pela coleta	100	100	100	100	100	100	Questionário
% volume de RSDR triado	100	100	100	100	100	0	Questionário
volume de RSDR aproveitado (t/dia)	2,45	3,28	9,90	1,87	7,65	0	Questionário
Destino dos resíduos	Aterro próprio	SIL	SIL	SIL	Aterro próprio	Aterro próprio	Questionário
Quantidade de rejeito para aterros (t/dia)	32,55	15,22	100,10	9,13	77,35	73,00	Questionário
Coleta seletiva	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Questionário
COOPERATIVA	COOLABORE	COOPEREV	COPREL	KLL	COOPERESIDUOS	Não	Questionário
Legislação específica	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Questionário
Programa conscientização	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Questionário

A Figura 19 ilustra a quantidade de resíduos sólidos domésticos produzidos diariamente por habitante. Campo Bom, Estância Velha, São Leopoldo e Novo Hamburgo tiveram um comportamento esperado, no qual o PIB *per capita* justifica a maior ou menor produção de resíduos. Esta justificativa também é apresentada por outros pesquisadores que salientam a importância do PIB na estimativa da geração de resíduos.

Porém, Portão e Sapucaia do Sul apontaram resultados que não correspondem a essa lógica. O primeiro, com um dos maiores PIB *per capita*, produz apenas 430 gramas por habitante ao dia; e o segundo, com o mais baixo PIB *per capita*, tem uma alta produção de resíduos, 597 gramas por habitante ao dia, em comparação aos demais municípios da amostra. Embora, a média nacional para municípios do porte de Sapucaia do Sul seja 690 gramas por habitante ao dia, conforme a Tabela 1.

Esses resultados podem ser explicados pela ausência de programas de coleta seletiva e cooperativas de coleta em Sapucaia do Sul, o que faz com que todo o resíduo produzido pelos seus habitantes seja coletado pelo sistema público. Por outro lado, os resultados de Portão fortalecem a suposição de que o PIB *per capita* alto é justificado pela alta concentração de indústrias no município, citada no item 52.

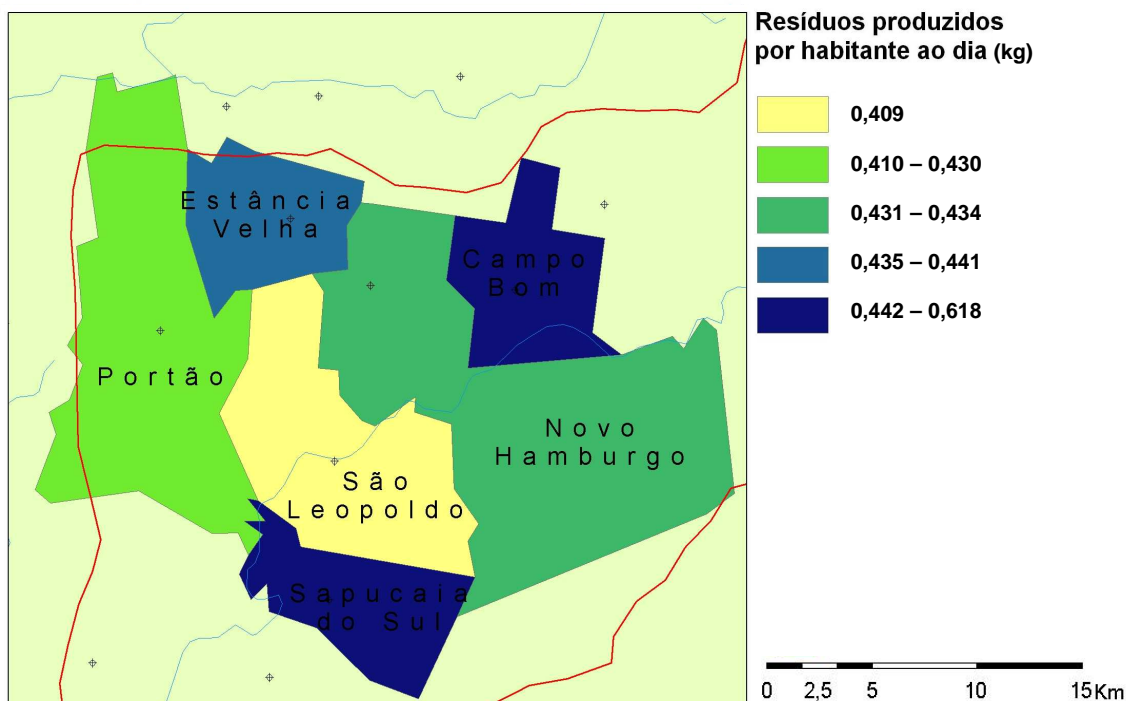


Figura 19 - Resíduos produzidos por habitante ao dia (kg).

Na Figura 20, a eficiência da triagem dos RSDR nas esteiras de catação foi avaliada. Nela, Portão e Estância Velha demonstraram ótimos resultados, 17% e 18%, respectivamente, considerando que a média nacional é 8% (DALFOVO *et al.*, 2007). O resultado de Sapucaia do Sul deve-se a ausência de centrais de triagem ou cooperativas no município.

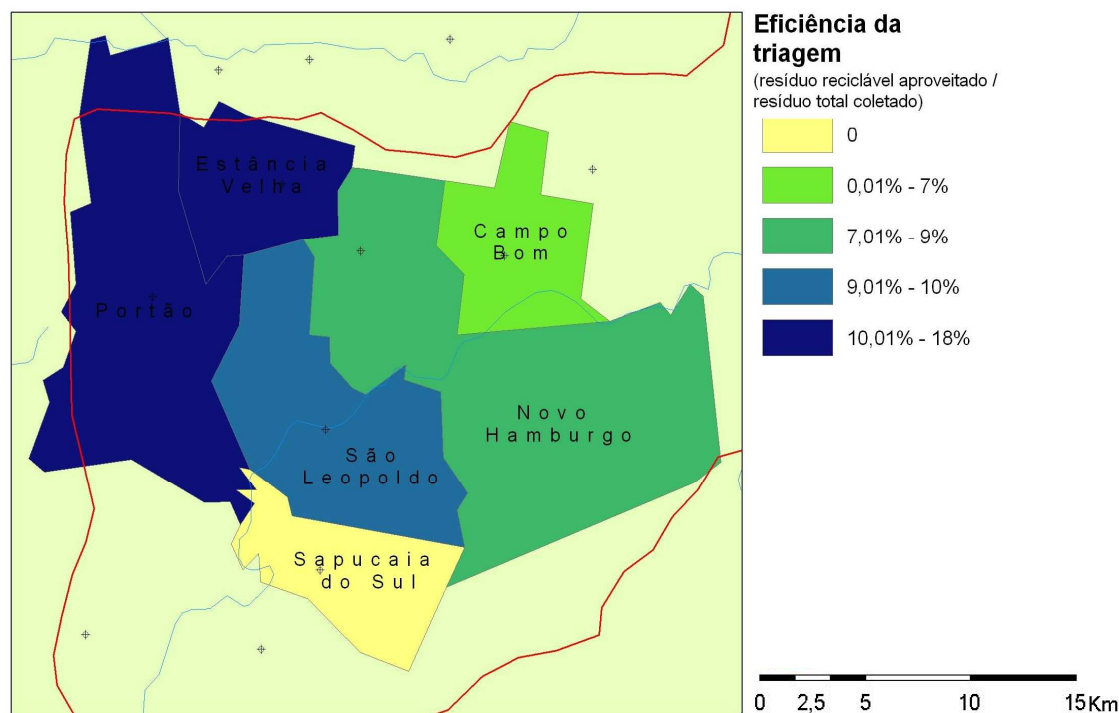


Figura 20 - Eficiência da triagem de resíduos.

Dos RSDR triados nas esteiras, percebe-se que a sucata de ferro é o principal resíduo a ser aproveitado, seguido pelos plásticos em filme e pelas sacolas de supermercado (Tabela 18).

Tabela 18 – Aproveitamento de resíduos sólidos domésticos recicláveis por município.

Tipo de RSDR	Campo Bom	Estância Velha	Novo Hamburgo	Portão	São Leopoldo	Sapucaia do Sul	Fonte
Lata de alumínio (kg)	580	450	764	300	853	0	Questionário
Papel jornal (kg)	2830	1800	3692	1400	3200	0	Questionário
Papel Branco (kg)	4200	2600	1508	2000	3500	0	Questionário
Tetrapak (kg)	7300	6850	2400	3600	8500	0	Questionário
Plástico duro (kg)	4300	6300	4128	2000	7600	0	Questionário
Filmes (sacos de alimentos) (kg)	17200	4000	10480	8000	1000	0	Questionário
PET (kg)	3200	4500	6400	1500	4200	0	Questionário
Plástico BP (kg)	1000	1300	1600	600	1800	0	Questionário
Sacola de supermercado (kg)	10976	6700	15000	5000	18000	0	Questionário
Vidro quebrado (t)	9500	8500	20000	4500	22000	0	Questionário
Garrafa inteira de vidro (Un)	5000	5500	15800	2000	13000	0	Questionário
Sucata de ferro (t)	12000	8000	16000	6500	16000	0	Questionário

A Figura 21 compara a proporção entre os resíduos aproveitados em cada município individualmente. Nos quais se pode verificar que os materiais representados

pelas cores frias do gráfico – caco de vidro, sacola de supermercado, vidros inteiros e sucata de ferro – são aqueles que os catadores conseguem aproveitar em maior quantidade na esteira de catação.

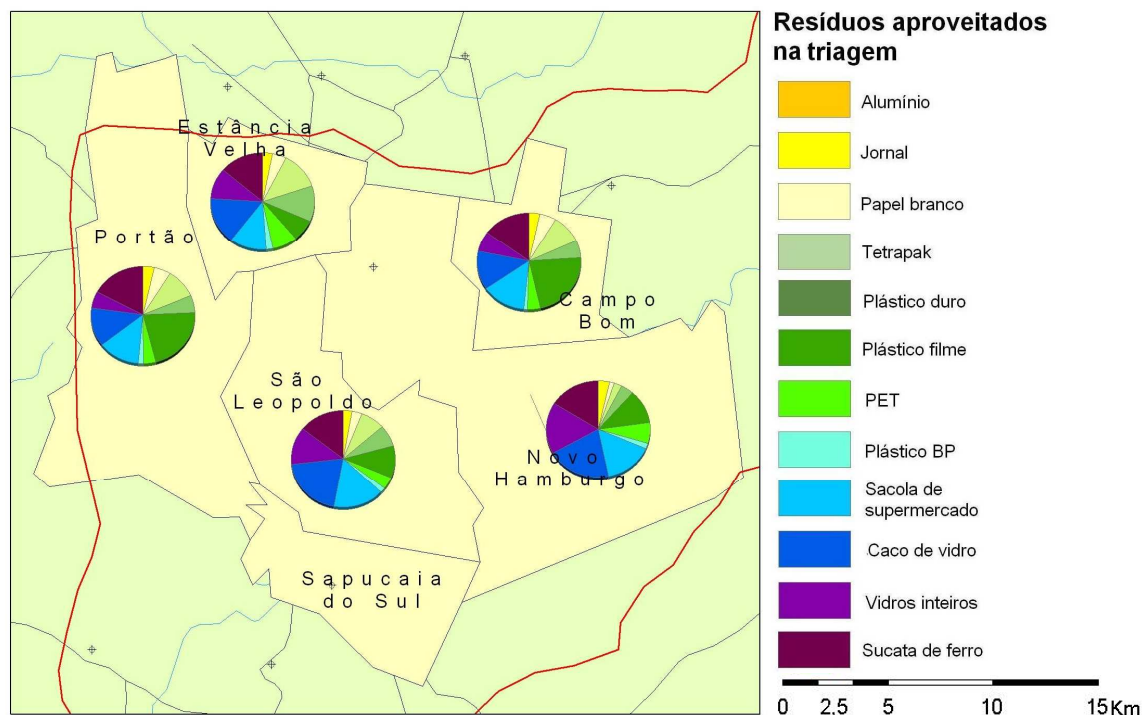


Figura 21 - Resíduos aproveitados na triagem.

A Figura 22 e a Tabela 19 comparam a proporção dos resíduos que são removidos entre os municípios. Nela observa-se que, atualmente, São Leopoldo e Novo Hamburgo conseguem extrair a maior quantidade de latas de alumínio, jornal, plástico BP, sacola de supermercado, sucata de ferro e vidros inteiros ou quebrados. Também pode ser observado que Portão, na comparação entre municípios estudados, consegue aproveitar um volume menor de resíduos em todas as categorias.

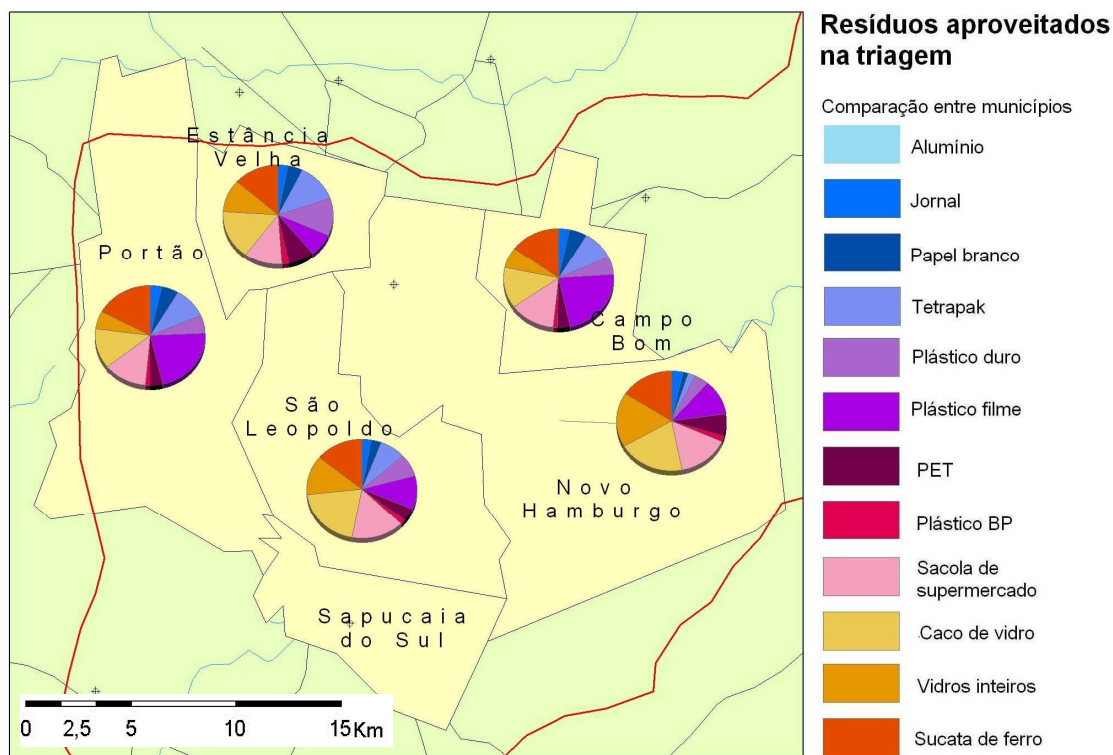


Figura 22 - Comparação da triagem entre municípios por tipo de RSDR.

Essa análise deve considerar que, ainda assim, Portão consegue aproveitar 17% do resíduo doméstico coletado, mas comparativamente aos demais municípios estudados o resíduo removido na triagem possui menor volume.

Tabela 19 - Comparação da triagem entre municípios por tipo de RSDR

Tipo de RSDR	Campo Bom	Estância Velha	Novo Hamburgo	Portão	São Leopoldo	Sapucaia do sul
Lata de alumínio (kg)	20%	15%	26%	10%	29%	0
Papel jornal (kg)	22%	14%	29%	11%	25%	0
Papel Branco (kg)	30%	19%	11%	14%	25%	0
Tetrapak (kg)	25%	24%	8%	13%	30%	0
Plástico duro (kg)	18%	26%	17%	8%	31%	0
Plástico filme (kg)	42%	10%	26%	20%	2%	0
PET (kg)	16%	23%	32%	8%	21%	0
Plástico BP (kg)	16%	21%	25%	10%	29%	0
Sacola de supermercado (kg)	20%	12%	27%	9%	32%	0
Vidro quebrado (t) R\$0,03/kg	15%	13%	31%	7%	34%	0
Garrafa inteira de vidro (Un)	12%	13%	38%	5%	31%	0
Sucata de ferro (t)	21%	14%	27%	11%	27%	0

Por fim, a análise da situação atual do gerenciamento de RSDR levou em consideração a localização dos principais compradores de RSDR, dos aterros sanitários e das centrais de triagem, buscando identificar o destino final desses resíduos (Figura 23).

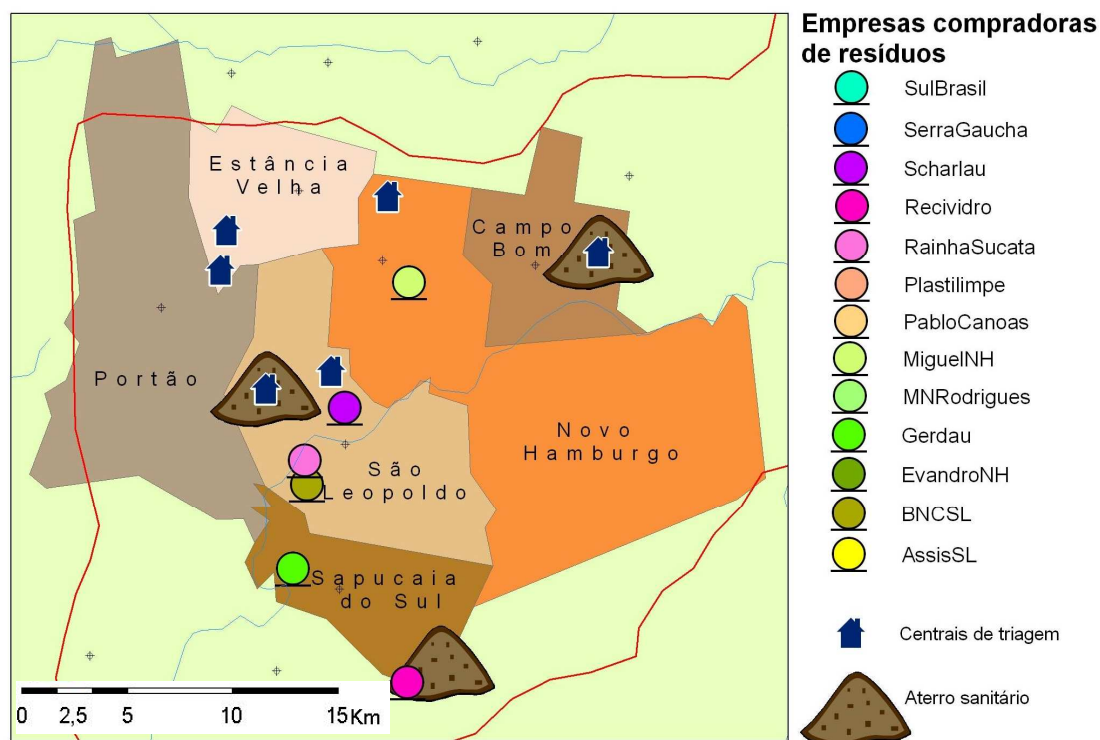


Figura 23 – Localização dos destinos dos resíduos sólidos domésticos recicláveis triados (1).

Os principais compradores de RSDR da RMPA encontram-se nos municípios de São Leopoldo, Sapucaia do Sul, Novo Hamburgo, Canoas e Porto Alegre. Fora da RMPA, existem compradores em Venâncio Aires, Caxias do Sul e Parobé, todos compradores de plásticos.

Os aterros sanitários localizam-se em Campo Bom, São Leopoldo, Sapucaia do Sul e Minas do Leão (Figura 24), sendo que para este último município são enviados os resíduos de 50% dos municípios da amostra: Estância Velha, Portão e Novo Hamburgo (Tabela 17). Juntos, os três municípios enviam para a empresa SIL cerca de 3.700 toneladas de resíduos ao mês.

Exceto Sapucaia do Sul, todos os demais municípios realizam a triagem de seus resíduos, conforme identificado na Figura 23 e na Tabela 6.

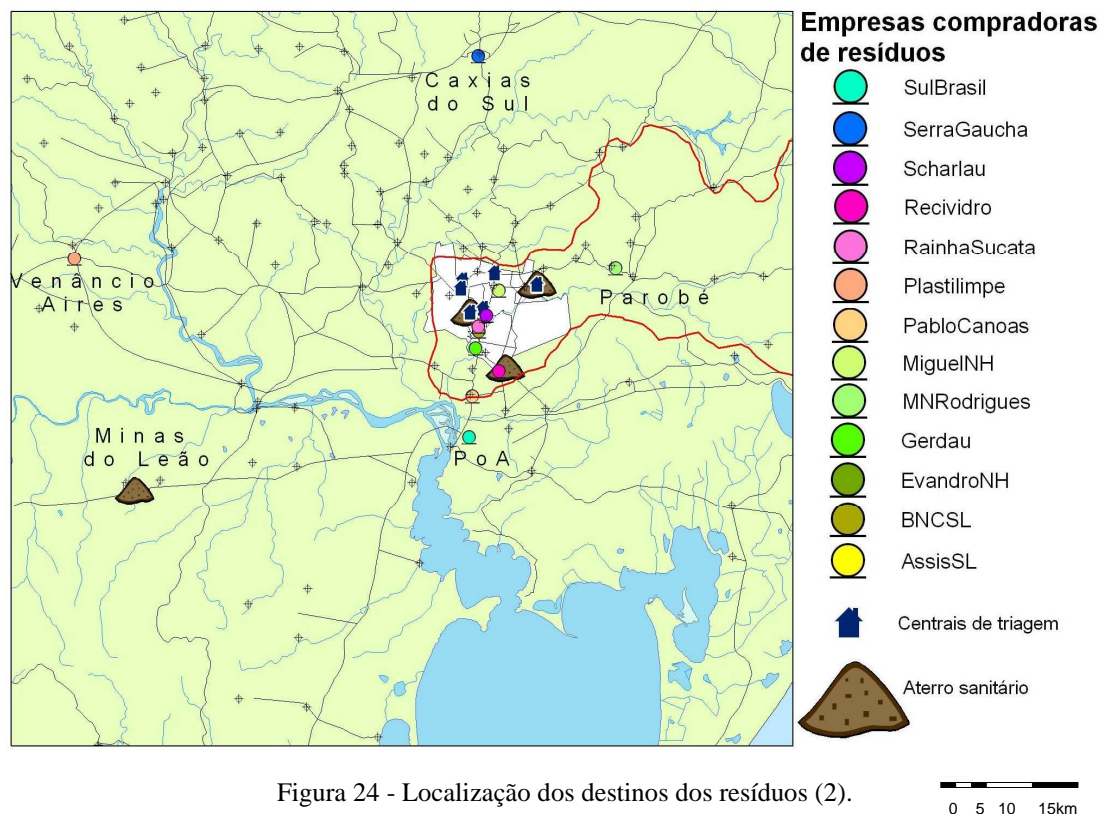


Figura 24 - Localização dos destinos dos resíduos (2).

Assim, de posse dos dados levantados e tabulados, foi realizado o diagnóstico da situação atual do gerenciamento de RSDR, cujo resultado é ilustrado pela Figura 25.

Os coeficientes observados na Figura 25 foram obtidos a partir do somatório dos pesos atribuídos a cada indicador, conforme a Tabela 10, e representam um índice de desempenho de cada município obtido após a álgebra de mapas. Considerando que a álgebra de mapas consiste na soma de dados alfanuméricos atribuído a informações espaciais que irão gerar os mapas, a relevância do uso deste método consiste em permitir uma análise de um grande número de dados ponderando o espaço em que estão inseridos. Caso contrário, a análise ocorreria somente através do uso de tabelas (textos e números) e se perderia a informação espacial, necessária à análise de grandes áreas, como no caso de estudos ambientais e urbanos.

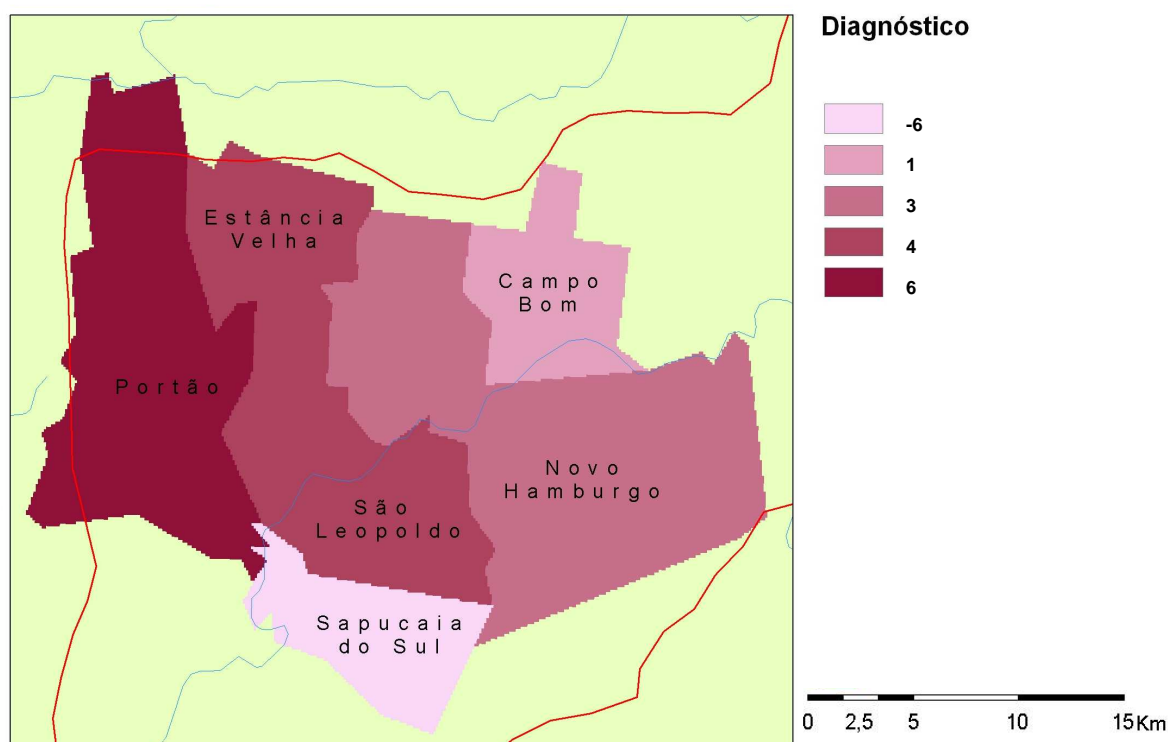


Figura 25 – Diagnóstico do gerenciamento de RSDR nos municípios da amostra.

Considerando os pesos definidos para cada indicador conforme os parâmetros estabelecidos na Tabela 10 e na Figura 11, foi realizado o diagnóstico no *software ArcMap*, cujos resultados demonstraram que:

(i) Sapucaia do Sul possui o pior cenário para o gerenciamento de resíduos, principalmente devido à ausência de coleta seletiva e cooperativas de catadores, o que faz com que 100% do RSDR produzido seja enviado ao aterro. Além disso, possui elevado número de habitantes, vivendo 99% em meio urbano, que acabam por produzir uma maior quantidade de resíduos sólidos domésticos *per capita*: 597 gramas ao dia, considerando os municípios da amostra.

(ii) Campo Bom, apesar de possuir programas de conscientização, não possui coleta seletiva, o que faz com que o resíduo sólido doméstico, mesmo que 100% triado, tenha um mau aproveitamento na triagem, atingindo apenas 7%. Além disso, o município tem a maior produção de resíduos por habitante, provocados por um elevado PIB *per capita*.

(iii) Novo Hamburgo, São Leopoldo e Estância Velha obtiveram um resultado semelhante (entre 3 e 4) devido a uma combinação de fatores distintos em cada um dos

municípios. No entanto, a diferença que distingue o desempenho de Novo Hamburgo de seus dois vizinhos é alta quantidade de resíduos produzidos por habitante e o baixo desempenho das unidades de triagem no aproveitamento de RSDR (9%).

(iv) Na análise da situação atual, Portão obteve o melhor desempenho. Apesar de possuir um alto PIB *per capita*, tem o menor número de habitantes dos municípios da amostra, vivendo apenas 80% em meio urbano. O que resulta num dos mais baixos valores de produção de resíduos sólidos domésticos por habitante, 430 gramas ao dia.

Ainda que tenha poucos habitantes com nível superior ou pós-graduação, o município possui o segundo maior IDH e conta com programas de conscientização, legislação específica municipal e cooperativas de catadores. Todos estes resultados implicam na alta taxa de aproveitamento de resíduos na esteira de catação: 17%.

5.3 Prognóstico do gerenciamento de RSDR

Após a concretização do diagnóstico, foi realizado o prognóstico da situação do gerenciamento de RSDR. Supondo que a eficiência das cooperativas de catação se mantenha nos próximos anos e que sejam mantidos os programas de conscientização e coleta seletiva dos municípios, foi desenvolvido o prognóstico considerando os índices de crescimento da Tabela 13.

Os resultados da análise realizada para os próximos 10 anos, através do *software ArcMap*, podem ser observados na Figura 26. Nela, a grande diferença verificada em relação ao diagnóstico atual é a evolução de Estância Velha no *ranking* do gerenciamento de RSDR.

O bom desempenho do município deve-se ao baixo número de habitantes e ao baixo PIB *per capita*, ambos considerados bastante relevantes ao gerenciamento de RSDR e com elevados coeficientes de crescimento (Tabela 13).

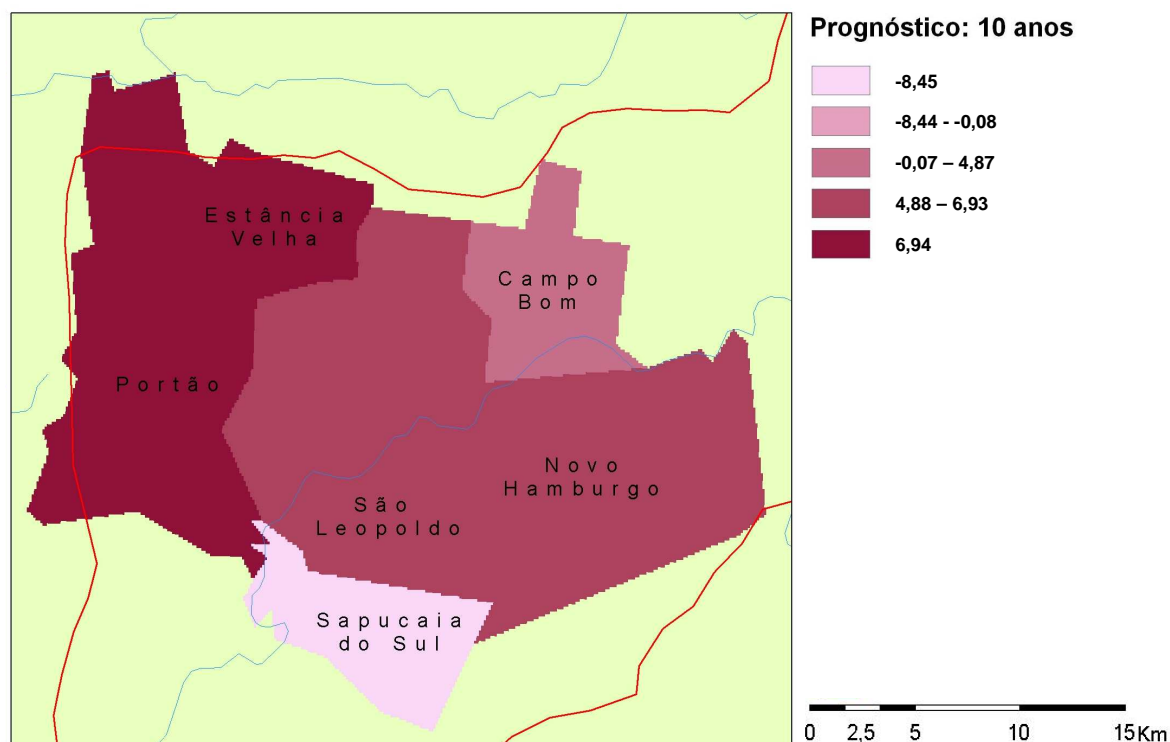


Figura 26 - Prognóstico para 10 anos.

Os resultados da análise realizada para os próximos 20 anos podem ser observados na Figura 27. Ainda supondo que a eficiência das cooperativas de catação se mantenha nos próximos anos e que sejam mantidos os programas de conscientização e coleta seletiva dos municípios, foi realizado o prognóstico considerando os índices de crescimento da Tabela 13.

Nesta análise, Estância Velha segue com alto desempenho, porém São Leopoldo demonstra um grande resultado ao ultrapassar Portão no *ranking* do gerenciamento de RSDR.

Apesar da grande quantidade de habitantes de São Leopoldo, o município produz menos resíduos por habitante do que Portão. Segundo a na Tabela 12, o índice de crescimento da população é quase 7 vezes menor do que o índice de crescimento do consumo de produtos industrializados.

A baixa produção de resíduos por habitante é ainda mais acentuada pelo baixo PIB *per capita* de São Leopoldo, comparativamente ao de Portão. Somado a isso, a conscientização sobre a importância da separação dos RSDR do município de São Leopoldo tem maior probabilidade de aumentar ao longo dos anos, independente dos

programas criados pela Prefeitura, devido ao alto índice de escolaridade dos seus habitantes.

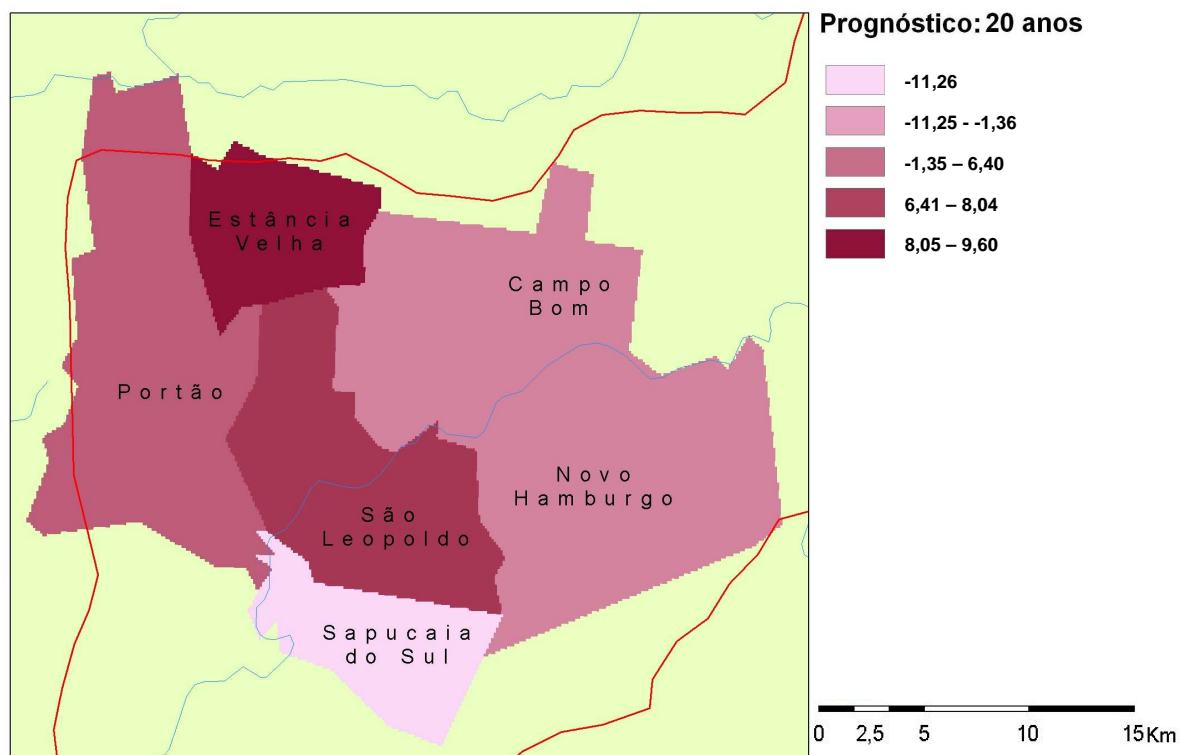


Figura 27 - Prognóstico para 20 anos.

Para facilitar a compreensão dos resultados do gerenciamento de RSDR dos municípios, a Figura 28 demonstra uma comparação entre o diagnóstico e os prognósticos para 10 e 20 anos. A figura citada nos mostra que, no horizonte considerado no Plano da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, ocorrerá uma alteração no *ranking* de desempenho de gerenciamento de RSDR entre os municípios em estudo.

No diagnóstico da situação atual do gerenciamento de RSDR, Portão obteve o melhor desempenho, no entanto, na análise para os próximos 20 anos sofreu um decréscimo, caindo para a terceira posição do *ranking*. Conforme explicação da Figura 27, o fato deve-se a alta quantidade de RSDR produzidos por habitante ao dia, considerando o índice de crescimento do consumo de produtos industrializados de 133% por década, citado na Tabela 13.

Exceto por Sapucaia do Sul, que obteve os piores resultados por não possuir sistema de coleta seletiva e não realizar a triagem dos RSDR, enviando todo o seu

resíduo sólido doméstico para o aterro municipal, os demais municípios – Campo Bom, Estância Velha, São Leopoldo e Novo Hamburgo – apresentaram melhorias em seus resultados. Porém, São Leopoldo e Estância Velha destacaram-se pelo crescimento pronunciado de seus coeficientes de desempenho de gerenciamento de RSDR. No caso de São Leopoldo, foram relevantes baixos valores dos indicadores PIB *per capita* e produção de resíduos por habitante ao dia. E Estância Velha, pelo baixo PIB per capita e pelo pequeno porte do município, inferior a 100.000 habitantes (Tabela 10, Figura 11 e Figura 12).

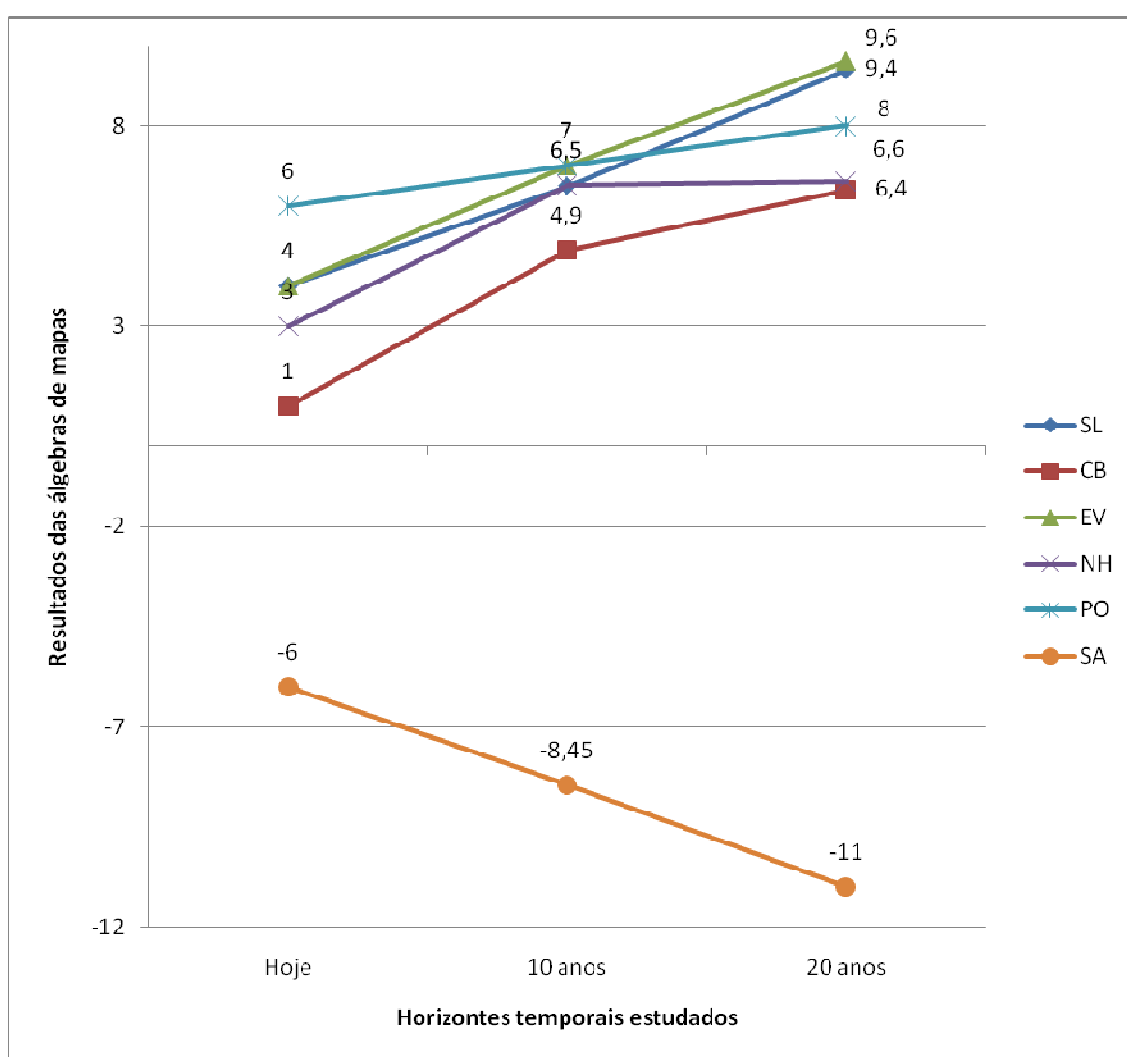


Figura 28 – Comparação entre resultados de desempenho do gerenciamento de RSDR dos municípios gerados pela álgebra de mapas.

É importante considerar que a eficiência das cooperativas de catação, a quantidade de programas de conscientização e de coleta seletiva existentes dos municípios foram preservados na análise, pois não foram encontrados registros sobre os índices de crescimento ao longo dos anos para estes indicadores. Outro aspecto relevante a considerar é a ausência de dados sistematizados que sirvam de base para estudos de gerenciamento de RSDR no âmbito da região estudada, situação observada nos estudos de BRINGHENTI *et al.* (2007).

Por fim, a análise entre diagnóstico e prognósticos pôde indicar as razões pelas quais alguns municípios poderão obter um cenário futuro mais otimista e outros, mais pessimista, auxiliando os gestores ambientais no processo de tomada de decisão durante o gerenciamento de RSDR.

O método aplicado, a álgebra de mapas, se mostrou um facilitador do processo de tomada de decisões, podendo ser utilizado como ferramenta em demais estudos de gerenciamento ambiental, não apenas para resíduos sólidos domésticos recicláveis, mas também em outros casos.

6 CONCLUSÕES

Esta dissertação buscou analisar os cenários futuros para o gerenciamento de RSDR gerados na BHRS, visando identificar meios de colaborar para a redução dos impactos ambientais e à saúde pública.

A identificação de indicadores de qualidade para o gerenciamento de RSDR permitiu iniciar a análise da situação atual dos municípios da BHRS através do *software ArcMap* e da revisão bibliográfica. Estas ferramentas permitiram indicar os índices de crescimento dos indicadores possibilitando gerar os prognósticos futuros para 10 e 20 anos, conforme orientação do Plano Sinos (GOMES, 2007).

i. O diagnóstico permitiu identificar a situação dos municípios da amostra, considerando as práticas de gerenciamento de RSDR atualmente empregadas. A partir dos resultados obtidos na análise de diagnóstico, destacam-se as seguintes considerações:

i. Municípios que não realizam a triagem de resíduos, como Sapucaia do Sul, demonstraram o pior cenário para o gerenciamento de RSDR. Como consequência, 100% dos resíduos produzidos no município são enviados aos aterros.

ii. Municípios com elevado número de habitantes, com quase 100% dos habitantes vivendo em meio urbano e com alto PIB/*per capita* produzem elevadas quantidades de resíduos, dificultando a prática adequada do gerenciamento de RSDR.

iii. Municípios que não possuem programas de coleta seletiva, como Campo Bom, obtiveram baixa eficiência de triagem nas esteiras de catação. Por outro lado, municípios que possuem programas de conscientização, cooperativas de catadores e legislação específica ao gerenciamento de resíduos, como Portão, demonstram melhores resultados na conscientização da população e no desempenho da triagem nas esteiras de catação.

A análise do prognóstico indicou as razões pelas quais alguns municípios obterão um cenário futuro mais otimista e outros, mais pessimista, auxiliando os gestores ambientais no planejamento de ações estratégicas ao gerenciamento de RSDR. Estas ações devem ser pautadas nos seguintes critérios:

iv. Apoio às cooperativas de catadores, através de incentivo à sua formação e suporte financeiro para melhorias dos processos;

v. Melhoria dos sistemas de coleta seletiva;

vi. Investimento em programas de conscientização e educação, que levem a uma racionalização na produção de resíduos.

A criação do banco de dados georreferenciado demonstrou que qualquer mudança no panorama atual, que leve à modificação dos indicadores considerados para a análise do gerenciamento de RSDR, poderá ser facilmente imputada e gerada uma nova análise, alertando aos gestores para que tomem medidas preventivas.

Em suma, este trabalho possibilitou o desenvolvimento de um método de análise através do *software ArcGIS* que poderá ser utilizada nos desenvolvimentos dos estudos relacionados ao gerenciamento de RSDR no âmbito da BHRS.

7 RECOMENDAÇÕES

Em vista dos resultados observados, recomendam-se os seguintes estudos:

1. Ampliar a área amostral, através de um estudo que contemple todos os municípios da BHRS, gerando uma análise mais completa da situação do gerenciamento de RSDR na região.

2. Aumentar o nível de detalhamento de cada município, ampliando o número de indicadores do gerenciamento de RSDR de forma a abordar questões específicas relativas à coleta seletiva, como: eficiência da coleta, definição de rotas, abrangência, etc.

3. Criar um instrumento que permita realizar uma análise mais criteriosa do desempenho das cooperativas de catadores e que sirva de indicador para aplicação no método aqui proposto.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARONOFF, S. Geographic Information Systems: a Management Perspective. WDL Publications. 1991.

ARAÚJO, L. G.; COSTA, A. F.; DIAS, M. B. & FELIPE, R. C. T. S. Comparação entre as propriedades mecânicas de um compósito híbrido formado por um tecido reciclado de pet /fibra de vidro e/poliéster com um compósito constituído por poliéster/fibra de vidro. II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. João Pessoa, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Degradação do Solo; terminologia: NBR-10703/89. São Paulo, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Apresentação do projetos de aterros controlados de resíduos sólidos: NBR-8849/85. São Paulo, 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Apresentação do projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos: NBR-8419/84. São Paulo, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Coleta, Varricão e Acondicionamento de Resíduos Sólidos. NBR-12.980/93. São Paulo, 1993.

BARROS, R. T. V.; ASSIS, C. M.; BARROS, E. L. & SANTOS, F. N. B. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos em municípios do Vale do Jequitinhonha (MG). Artigo. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2007.

BARSI, H.B. Na expert system for landfill leachate management. Environmental technology. 21 (2): 157 – 166. 2000.

BRINGHENTI, J. R. Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos: Aspectos operacionais e da participação da População. Tese de doutorado – Faculdade de Saúde pública da USP. São Paulo, 2004.

BRINGHENTI, J.; NETTO, A. A. B.; REIS, J. A. T.; RIBEIRO, A. B. & VINAND, W. A. Participação da população em programas de coleta seletiva porta a porta no município de Vitória – ES. Artigo. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2007.

BRINGHENTI, J.; GUNTHER, W. M. R.; ZANDONADE, R.; REIS, J. A. T. & SANTOS, M. C. – A utilização de indicadores como ferramenta para a gestão de programas de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos. Artigo. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2007.

BRUNNER, P. H. & FELLNER, J. Setting Priorities for Waste management strategies in developing countries. *Waste Management & Research*. 25: 234 – 240. 2007.

CASTILHOS JR., A. B.; LANGE, L.; GOMES, L. P.; PESSIN, N.; POVINELLI, J. & ZANTA, V.M. Resíduos Sólidos Urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte. PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. ABES, RiMa. Rio de Janeiro, 2003.

COMITESINOS. Projeto Monalisa. *Revista Comitesinos*. Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente. São Leopoldo.2003.

COMITESINOS. Enquadramento das águas da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. *Revista Comitesinos*. Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente. São Leopoldo, 2000.

COSTI, P.; MINCIARDI, R.; ROBBA, M.; ROVATTI, M. & SACILE, R. An environmentally sustainable decision model for urban solid waste management. Article. *Waste Management*. 24: 277–295. Italy, 2004.

DALFOVO, S. R.; QUISSINI, C. S.; CARLI, L. N.; MORI, P. R. & ZATTERA, A. J. Otimização do layout de produção nas centrais de triagem – estudo de caso do município de Caxias do Sul. Artigo. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. p: 1 - 10, Belo Horizonte, 2007.

DEUS, A. B. S. DE; DE LUCA, S. J. & CLARKE, R. T. Índice de impacto dos resíduos sólidos urbanos na saúde pública (IIRSP): metodologia e aplicação. Artigo. *Engenharia Sanitária Ambiental*, v:9. Rio de Janeiro, 2004.

DE LUCA, S. J. Avaliação dos serviços de limpeza urbana no Brasil: relatório final. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. Brasília, Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano, v:1. 1999.

DEMAJOROVIC, J.; BESEN, G. R. & RATHSAM, A. A. Gestão Compartilhada de Resíduos Sólidos: novos atores e conflitos. Congresso de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável - ICTR. Florianópolis, 2004.

DUARTE, H. A. A gestão da associação dos catadores de material reciclável e o modelo cooperativo. Dissertação de Mestrado. Programa de pós-graduação em Gestão de Negócios da Universidade Católica de Santos. Santos, 2005.

FARIA, D.; ROSA, D.; FERNANDO, L.; SAMPAIO, M. C. & FERREIRA, S. de F. Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. Trabalho de Conclusão de Curso, Centro Universitário La Salle, Canoas, 2007.

FERNANDES, M. Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos: um estudo da gestão dos programas de Florianópolis/SC, Belo Horizonte/MG e Londrina/PR. Biguaçu, 2007.

FERRAZ, J. L. & BIZZO, W. A. Avaliação das condições da destinação final dos resíduos sólidos domiciliares nos municípios pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Sorocaba/SP na Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos UGRHI-10. Artigo. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. p: 1 - 10, Belo Horizonte, 2007.

FREITAS, NOBEL P. de; PEÇANHA, M. P. & GARCIA, J. P. M. Comitê de Bacias Hidrográficas do Rio Sorocaba e Médio Tietê. Separata de: Revista de Estudos Universitários, Universidade de Sorocaba, Sorocaba-SP, v.25, n.2, 1999.

GOMES, L. P. Plano de Bacia e Gerenciamento de Resíduos Sólidos. Fundo Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente, 2007.

GÜNTHER, W. M. R.; BESEN, G. R.; JACOBI, P. R.; RIBEIRO, H. & VIVEIROS, M. Construção de Indicadores de Sustentabilidade para Programas Municipais de Coleta Seletiva e Organizações de Catadores – Desafios Conceituais e Metodológicos. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.

HASSE, J. F. Participação local na proposição de usos futuros da água: o caso do COMITESINOS. IX Colóquio Internacional sobre Poder Local, Gestão XXI, Gestão Social e Gestão do Desenvolvimento. Salvador, 2003.

HEIKKI, T. J. Strategic planning of municipal solid waste management. Resources, Conservation and Recycling. 30 (2): 111 – 133. 2000.

HUI, Y.; LI'AO, W. FENWEI, S. & GANG, H. Urban Solid waste management in chongqing: Challenges and opportunities. Waste management. 26: 1052-1062. 2006.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2008.

IDB - Indicadores e Dados Básicos. Ministério da Saúde. Rede Interagencial de Informações para a Saúde – RIPSAs. 2004

IDB - Indicadores e Dados Básicos. Ministério da Saúde. Rede Interagencial de Informações para a Saúde – RIPSAs. 2007

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD. 2000.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 1995.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2008. Disponível em: <www.dpi.inpe.br/calcula>, acesso em fevereiro de 2009.

JARDIM, N. S. Resíduos sólidos Municipal: manual de gerenciamento integrado. 1ª ed. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, CEMPRE. São Paulo. 1995.

JUNKES, M. B. Procedimentos para aproveitamento de resíduos sólidos urbanos em municípios de pequeno porte. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.

KHAN, M. M. H. Use of kitchen waste as animal feed. Unpublished B.Sc. A.H. Report. Bangladesh Agricultural University, Mymensingh, Bangladesh, 1999.

KIRKEBY, J. T.; BIRGISDOTTIR, H.; HANSEN, T. L.; CHRISTENSEN, T. H.; BHANDER, G. S. & HAUSCHILD, M. Environmental assessment of solid waste systems and technologies: EASEWASTE. Article. Waste Management & Research. 24: 3 – 15. United Kingdom, 2006.

KUM, V.; SHARP, A.; HARNPORNCHAI, N. Improving the solid waste management in Phnom Penh city: a strategic approach. Waste Management. 25: 101 – 109. 2005.

LEITE, E. H. & Silva, M. L. C. Qualidade das águas do Rio dos Sinos. Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM. Porto Alegre. 1999.

LIMA, R. M. S. R. & SILVA, M. C. P. Características Organizacionais e Operacionais de um Programa de Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Domiciliares com Segregação na Origem e Participação de Catadores. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2007.

MACHADO, M. M. B. Projeto Peixe Dourado: uma experiência de educação ambiental implementado pelo Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (RS)-COMITESINOS. Trabalho de Conclusão de Curso, Centro Universitário La Salle, Canoas, 2003.

MARQUES, V. S.; WILKEN, D.; FERREIRA, L. C. & FERREIRA, D. O. S. Utilização dos Sistemas de Geoprocessamento na Elaboração do Planejamento de Coleta de Resíduos Sólidos Domiciliares no Município de Belo Horizonte. Artigo. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2007.

METROPLAN. Plano Diretor de Resíduos Sólidos da região Metropolitana de Porto Alegre. Pró-Guaíba. Porto Alegre. 1998.

MING, Z. G.; ZHONG, Y. X.; YUE, Z. P.; CHEG, Z. H.; HE, H. G. G. & HEMELAAR, L. Environmental input-output model and its analysis with a focus on the waste management sectors. Journal of Environmental Science. 12 (2): 178 – 183. 2000.

MNCR - Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis. 2008. Disponível em: <http://www.movimentodoscatadores.org.br/>, acesso em março, 2009.

MONALISA. Identificação dos Pontos de Impacto na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos – Retirada e Devolução de Água. (2003)

NASCIMENTO, C. E. G. Verificação de Critérios Técnicos para a Seleção de Áreas Aptas à Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Município de São Leopoldo - RS. Dissertação. Mestrado em Geologia. Universidade do vale do Rio dos Sinos. 2001.

NETO, E. R.; LOPEZ, D. A. R.; RODRIGUEZ, A. L. & MACHADO, E. L. Uso do inventário do ciclo de vida como ferramenta auxiliar na tomada de decisões no sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos em cidades do Rio grande do sul. Artigo. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2007.

OLIVEIRA, N. *et al.* Dinâmica da urbanização no RS: temas e tendências. 2. ed. Porto Alegre: FEE. 271p. 1998.

OLIVEIRA, A. S. D. Método para a Viabilização da Implantação de Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos: o Caso do Município de Rio Grande – RS. Tese. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.

PNSB - Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. IBGE, 2000.

REICHERT, G. A. Potencial de utilização da ferramenta de Inventário de Ciclo de Vida (ICV) na definição de modelos de gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos. Artigo. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2007.

REIS, W. F. Análise do modelo de gestão de resíduos sólidos do município de Formosa – GO e a atuação dos atores envolvidos. Dissertação de Mestrado. Programa de pós-graduação em Planejamento Ambiental da Universidade Católica de Brasília. Brasília, 2006.

RIBEIRO FILHO, J. N.; GALVÃO, A. O. & CEBALLOS, B. S. O. Benefícios do Consórcio de Resíduos Sólidos para Municípios de Pequeno, Médio e Grandes Portes. Artigo. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2007.

ROSA, R. Curso de Arcview. Apostila. Instituto de Geografia. Universidade Federal de Uberlândia. 2004.

SANTOS, Fioravante J. Gestão Agroecológica de Microbacias Através de Técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto- Caso Pantanoso, Porto Alegre, RS, Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto – Concentração em Solos) Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia – CEP SRM – INPE / UFRGS, 1999.

SCHIRMER, W. N.; LESS, F.; AGASSI, J. D. & OLIVEIRA NETO, F. G. Implantação de um sistema de coleta seletiva em município de pequeno porte do interior paranaense.

Artigo. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2007.

SCHNEIDER, V. E.; FINOTTI, A. R.; CEMIN, G.; SCHMITZ, D. & PERESIN, D. Aplicação de um Banco de dados Georreferenciado no Gerenciamento dos Resíduos do Meio Rural na Região Geopolítica do COREDE Serra (RS). Artigo. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. 2008. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/>, acesso em março de 2009.

SEGALL-CORREA, A. M. S. & SALLES-COSTA, R. S. Novas possibilidades de alimentação a caminho? Revista Democracia Viva. 39: 68 – 73. 2008.

SILVA, D. C. Parâmetros de interesse para projetos de planejamento, implantação e operação de consórcio intermunicipal para o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, Rio Grande do Sul. Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, 2008.

SILVA, J. A. Análise da qualidade da coleta e disposição final dos resíduos sólidos domiciliares da cidade de Ivaiporã - Estado do Paraná. SANEPAR – Companhia de saneamento do Paraná. 2000.

SILVA, M. M. P.; SOUSA, J. T.; CEBALLOS, B. S. O. & FEITOSA, W. B. S. Caracterização de resíduos sólidos gerados em municípios de pequeno porte do semi-árido Paraibano. Artigo. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.

SIMONETTO, E. O. & BORENSTEIN, D. A decision support system for the operational planning of solid waste collection. Article. Waste Management. 27: 1286–1297. 2007.

SMANIOTTO, C. R.; DECANINI, M. M. S. & SILVA, E. A. SIG para licenciamento e fiscalização da cobertura vegetal natural do Estado de Mato Grosso do Sul. Artigo. Boletim de Ciências Geodésicas. v. 9, no 1, p.39-51. Curitiba, 2003.

STUANI, M. Estruturação de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) para Identificação de Áreas com Ocupação Ilegal. Dissertação. Mestrado em Geologia. Universidade do vale do Rio dos Sinos, 2003.

SUFIAN, M. A. & BALA, B. K. Modelling of Urban Solid Waste Management System: The Case of Dhaka City. Article. Waste Management 27. 858-868. 2006.

TALYAN, V.; DAHIYA, R. P.; SREEKRISHNAN, T. R. State of Municipal Solid Waste Management in Delhi, the Capital of India. Article. Waste Management. 28: 1276 - 87. 2007.

TASAKI, T.; KAWAHATA, T.; OSAKO, M.; MATSUI, Y.; TAKAGISHI, S.; MORITA, A. & AKISHIMA, S. A GIS-based zoning of illegal dumping potencial for efficient surveillance. Article. Waste Management 27. 256-267. 2006.

TEIXEIRA, E. N. & BIDONE, F. R. Conceitos Básicos. In: Metodologias e Técnicas de Minimização, Reciclagem e Reutilização de Resíduos Sólidos Urbanos. PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. ABES, RiMa. Rio de Janeiro, 1999.

VASCONCELOS, K. M. C. S. G. M. & CALLADO, N. H. Subsídios para plano de gestão de resíduos sólidos urbanos para a cidade de Arapiraca/Alagoas. Artigo. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.

VEDOVELLO, R. Zoneamentos Geotécnicos Aplicados à Gestão Ambiental, a partir de Unidades Básicas de Compartimentação – UBCs. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

9 APÊNDICE

9.1 Passo-a-passo da metodologia para uso dos dados no *software ArcMap*, conforme a metodologia aplicada por SANTOS (1999).

A partir das bases de dados, a metodologia para aplicação dos dados em ambiente de SIG segue conforme a seqüência descrita a seguir:

i. Após iniciar o programa *ArcMap* (componente do *ArcGIS*), deve-se selecionar a opção *View* e o comando *Data Frame Properties*, para configurar as unidades do mapa em *Map Units*, e escolher a opção *Meters*;

ii. A seguir, as bases de arquivos coletadas são inseridas com o comando *Add data*. Inseridas as bases, suas aparências no *display* deve ser editadas, clicando com o botão direito do *mouse* em cada *shapefile* e após em *Properties* e em *Symbology*;

iii. Aqueles arquivos que estavam em formato **.dxf* (formato do *software AutoCAD*) devem ser inseridos no próprio *ArcMap*, na opção *polygon*. Logo em seguida, serão convertidos para *shapefile*, clicando no botão direito do *mouse* e acionando o comando *Data/Export Data*. Assim os arquivos poderão ser salvos em **.shp* (formato *Shapefile*), o qual possibilita a análise espacial pois contém características vetoriais, com informações de posição e atributos: ponto, linha ou polígono (IST, 2008);

iv. Os polígonos dos municípios componentes da amostra serão separados em uma única *shapefile*, clicando em *Editor* e em *Start Editing*, para a edição dos mesmos. O comando *Select Features* possibilita a seleção de determinados polígonos (municípios fora da amostra) e a exclusão dos mesmos através da tecla *Delete*;

v. Nessa *shapefile* foram inseridos os dados coletados do questionário enviado às cooperativas. Para isso, deve-se cancelar o comando *Start Editing*, clicando na opção *Stop Editing*. Com o *mouse* sob a *shapefile* dos municípios, clicar no botão direito para selecionar a opção *Open Attribute Table*, após em *Options / Add Field*;

vi. Para inserir nas novas colunas os novos dados coletados junto às cooperativas, ativar a opção *Start Editing*, clicar com o botão direito sob a *shapefile* dos municípios e em *Open Attribute Table*. Após, deve-se retivar a opção *Stop Editing*;

vii. Por fim, inserir os pontos com as localizações das centrais de triagem, dos destinos finais e dos locais onde o resíduo é comprado;

9.2 Passo-a-passo da metodologia para diagnosticar a situação dos resíduos através do *software ArcMap*

i. Montados os mapas e os bancos de dados, preparar cada *shapefile* (*symbolology* e *categories*) para que a criação dos *grids*, que permitirão realizar a álgebra de mapas.

ii. Clicar em *Tools / Extensions* para ativar a ferramenta de análise *Spatial Analyst*, e em *View / Toolbars* para visualizá-la.

iii. Em *Spatial Analyst* clicar em *Convert Features to Raster* para converter cada uma das *shapefiles* em *Grids*.

iv. O próximo passo foi estabelecer os pesos para a reclassificação dos *Grids*, em função da sua importância para um gerenciamento de resíduos sustentável (Tabela 10). Assim, todos os *Grids* devem ser reclassificados utilizando a ferramenta *Spatial Analyst / Reclassify*. Na Tabela 11 podem ser observados os valores originais e os novos, obtidos após a reclassificação, onde os representados por 0 (zero) significam a ausência do recurso.

v. Após a reclassificação dos *Grids*, realizar a álgebra de mapas com o comando *Spatial Analyst / Raster Calculator*. O resultado desse cálculo foi um mapa mostrando um diagnóstico de todos os dados levantados somados (Figura 25).