

# Sistema de apoio ao gerenciamento de resíduos de construção e demolição para municípios de pequeno porte

*Expert system that managemently of construction and demolition waste for small municipalitily*

Lucas Bastianello Scremin<sup>1</sup>, Armando Borges de Castilhos Junior<sup>2</sup>, Janaíde Cavalcante Rocha<sup>3</sup>

## RESUMO

O grande volume de resíduos de construção e demolição (RCD) gerados no país levou o Governo Federal a desenvolver algumas ações; entre elas, pode-se citar a criação da Resolução nº 307 do CONAMA, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil nos municípios. Com o objetivo de auxiliar os municípios de pequeno porte no atendimento a essa legislação, desenvolveu-se um sistema de apoio ao gerenciamento desses resíduos, implementado por meio de um programa computacional (software). O sistema, composto de três estágios, com uma interface interativa e acessível, fornece primeiramente ao usuário as informações referentes aos RCDs necessárias para sua utilização. No segundo estágio, com base nessas informações, o usuário realiza a coleta de dados em campo e alimenta o sistema, que fornece um diagnóstico da situação atual dos RCD no município. No terceiro e último estágio o sistema fornece ao usuário alternativas/propostas de gestão dos RCD tais como a previsão da quantidade de pontos de entrega voluntária a ser instalado no município, possíveis destinações finais dos RCD de acordo com a classe e a quantidade gerada, caracterização do programa de informação ambiental e base, textos técnicos, entre outros. Nesse momento, o referido sistema encontra-se em processo de avaliação/atualização para implementação e disponibilidade de utilização.

**Palavras-chave:** gestão de resíduos; resíduos de construção e demolição; resíduos sólidos.

## ABSTRACT

The large amount of construction and demolition (C&D) waste generated in the country led the federal government to develop some actions, among them, it is possible to quote the creation of the resolution 307 of CONAMA, that establishes guidelines, criteria and procedures for the management of civil construction waste in the cities. With the goal of assisting the small cities in the attention to the legislations it has been developed a system of support to the management of the wastes implemented by means of a software. The system, composed by three stages, starting with a interactive and accessible interface, gives the user the informations about RCD needed to the utilization of it. In the second stage, with those informations, the user makes the collection of data in the field and feeds the system that gives a situation diagnosis in the RCD's of the city. In the third and last stage the system provides the user alternatives/proposals of management of the RCD's such as delivery points quantity prediction to be installed in the city, possible final destinations of the RCD'S in agreement with the class and generated quantity, characterization of the environmental information program and base, technical texts, and others. In this point, the referred system finds in process of evaluation/update for implementation and availability of utilization.

**Keywords:** waste management; construction and demolition waste; solid waste.

<sup>1</sup>Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC) - Criciúma (SC), Brasil. Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - Florianópolis (SC), Brasil.

<sup>2</sup>Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC - Florianópolis (SC), Brasil. Doutor em Gestão e Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos pelo Institut National des Sciences Appliquées (INSA) - Lyon, França.

<sup>3</sup>Professora do Departamento de Engenharia Civil da UFSC - Florianópolis (SC), Brasil. Doutora em Engenharia Civil pelo INSA - Lyon, França.

**Endereço para correspondência:** Lucas Bastianello Scremin - Rodovia SC, 443, km 01 - 88813-000 - Criciúma (SC), Brasil - E-mail: lucasbs@ifsc.edu.br

**Recebido:** 31/10/12 - **Aceito:** 30/10/13 - **Reg. ABES:** 696

## INTRODUÇÃO

Dados comprovam que a geração de resíduos vem aumentando significativamente ao longo dos anos. Em 2000, no Brasil, foram geradas aproximadamente 126 mil toneladas/dia de resíduos sólidos urbanos (RSU) (IBGE, 2000). Já em 2012, de acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) a geração de RSU foi superior a 201 mil toneladas/dia, das quais 181 mil toneladas/dia foram coletadas e 42% destas tiveram destinação final inadequada (ABRELPE 2013).

Entre os resíduos sólidos urbanos, os resíduos de construção e demolição (RCD) provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil têm apresentado um aumento de volume considerável. Em 2012, segundo a ABRELPE (2013), foram coletados nos logradouros públicos mais de 112 mil toneladas/dia de RCD pelas empresas de limpeza pública. Isso representa mais da metade dos RSU gerados no país, cuja responsabilidade de recolhimento não é da administração pública. Estima-se que a geração total de RCD no país ultrapasse a dos RSU, considerando que grande parte desses resíduos é coletada por empresas privadas ou, ainda, descartada de forma irregular pelos geradores.

Na busca de soluções para os problemas socioambientais oriundos do excessivo volume de RCD gerado, algumas ações vêm sendo realizadas pelo Governo Federal. Entre elas, pode ser citada a Lei Federal nº 10.257/2001, conhecida como Estatuto das Cidades, que se preocupa com o pleno desenvolvimento das funções sociais das cidades e garante o direito a urbes sustentáveis (BRASIL, 2001). A partir dessa lei, em 5 de julho de 2002, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) criou a Resolução nº 307, que estabelece critérios, diretrizes e procedimentos para a gestão de RCD nos municípios (BRASIL, 2002), sendo esta já alterada pelas resoluções COANA nº 348/04 (BRASIL 2004), CONAMA nº 431/11 (BRASIL 2011) e CONAMA nº 448/12 (BRASIL 2012).

Ainda em decorrência da aprovação da Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), está em processo de construção o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, que contemplará os diversos tipos de resíduos gerados e tem como primeiro item do conteúdo mínimo o diagnóstico da situação atual dos resíduos sólidos.

Apesar da resolução CONAMA nº 307 ter entrado em vigor em 2003 e outras leis relativas a este conteúdo terem sido aprovadas nos últimos anos, até o momento, somente alguns municípios no País desenvolvem ações com o objetivo de atendê-las. O não cumprimento da legislação tem como principal fator o desconhecimento dela e/ou a escassez de recursos técnicos e financeiros para a realização de atividades para seu cumprimento, além da falta de fiscalização dos órgãos responsáveis.

Nesse contexto, tendo por base as determinações da Resolução nº 307 e outras legislações, manuais, normas e referências bibliográficas disponíveis sobre o assunto, este trabalho apresenta uma proposta de sistema de apoio ao gerenciamento de RCD para municípios de pequeno porte, materializado na forma de um *software*.

## METODOLOGIA

O sistema de apoio ao gerenciamento dos RCD apresentado neste trabalho foi desenvolvido em quatro etapas. A primeira etapa teve como objetivo a aquisição de conhecimentos sobre os RCD (legislação, metodologias de caracterização quantitativa e qualitativa, normas, formas de gerenciamento, entre outros) e sistemas de apoio à decisão (sistemas especialistas). Na segunda etapa, procurou-se organizar os conhecimentos adquiridos, estruturando os objetivos a serem atingidos e os procedimentos para o atendimento deles. Com base nos conhecimentos adquiridos e nos objetivos a serem atingidos, foi estabelecida uma solução em termos de modelo conceitual para o sistema (que será apresentado nos Resultados e Discussões).

Na terceira etapa, procedeu-se a codificação dos modelos adquiridos e a construção de uma interface para o usuário. O *software* desenvolvido foi implementado em Delphi, que utiliza Orientação a Objeto (OO), Banco de Dados Relacionais (SQL, Access®, entre outros), etc. A ferramenta utilizada para o armazenamento dos dados foi o *Firebird*, por oferecer linguagem com suporte *stored procedures* (procedimento armazenado), e *triggers*, por utilizar padrão ANSI SQL-92 e ser um produto *open source* (código aberto).

Na quarta e última etapa, realizou-se uma avaliação prévia do sistema desenvolvido, por meio da verificação técnica da correspondência entre o protótipo informatizado e o modelo conceitual estruturado. Ainda nessa fase, apresentou-se o sistema para profissionais da área, que por meio de um questionário avaliaram o seu funcionamento e deram sugestões de melhoria.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema desenvolvido, organizado em três estágios, inicialmente (Estágio 1) fornece ao usuário informações básicas sobre os RCD, tanto para entendimento do assunto quanto para utilização da ferramenta. Entre as informações fornecidas pelo sistema, podem-se citar: definição dos RCD, legislação pertinente, classificação, normas, agentes a serem cadastrados e metodologia para caracterização quantitativa e qualitativa dos RCD. Além disso, o usuário tem acesso, na forma de documentos PDF, a modelos de planilhas com os dados a serem coletados para elaboração do diagnóstico. Os dados a serem coletados referem-se aos agentes geradores e coletores (nome, contato, atividades, movimentação de carga etc.) atuantes no município, locais de destinação final dos resíduos (endereço, responsável, volume depositado etc.), análise qualitativa dos RCD conforme metodologia proposta, entre outros.

Na sequência (Estágio 2), o usuário coleta os dados, por meio de entrevistas e pesquisa de campo, e os cadastra no sistema, onde serão processados e armazenados em um banco de dados e servirão de subsídios para a elaboração do diagnóstico da situação dos RCD no município e poderão ser utilizados para emissão de relatório.

O banco de dados do sistema armazena informações referentes a:

- agentes geradores: nome, endereço, tipo de obra que executa etc.;

- agentes coletores: nome, tipo de atividade que realiza, volume médio de transporte, custos, frota etc.;
- tipo de destinação final dada no município e as respectivas quantidades de RCD;
- áreas usadas como destinação final: endereço, volume, responsável etc.;
- caracterização qualitativa dos RCD;
- registro da movimentação de carga dos coletores.

Por fim (Estágio 3), o sistema fornece alternativas ao usuário para a gestão dos pequenos e grandes volumes de RCD gerados.

Para a gestão dos pequenos volumes, o usuário tem à disposição um dimensionamento prévio do número de bacias de captação/Pontos de Entrega Voluntária (PEV) de resíduos a serem instalados de acordo com o relevo e a área urbana do município.

Para a gestão dos grandes volumes o sistema fornece informações sobre áreas de transbordo e triagem (ATT) e destinação final dos RCD (aterro ou reciclagem).

Ainda, em relação à destinação final dos RCD, o sistema fornece informações por Classe dos RCD de acordo com as informações do Estágio 2.

Para os RCD Classe A são calculados o volume mensal passível de reciclagem, conforme sugere Da Rosa (2005), o volume de produção para o qual uma usina de reciclagem deveria ser instalada e a área necessária para a sua instalação baseado também em Pinto e Gonzáles (2005).

Além disso, são fornecidos textos técnicos sobre alternativas de reciclagem e a especificação de alguns equipamentos para esse fim.

Para os RCD Classe B, C e D são fornecidos orientações, textos técnicos, volumes referentes a cada Classe e as respectivas alternativas de reciclagem e destinação final.

Quanto às ações referentes aos Programas de Informação Ambiental e de Fiscalização, sugeridos por Pinto e Gonzáles (2005), o sistema fornece modelos de documentos utilizados em alguns municípios brasileiros que já implantaram ações visando ao atendimento da Resolução nº 307.

Por fim, o sistema fornece na própria tela ou em opção para impressão um resumo geral das informações cadastradas e processadas, dando um panorama geral do RCD no município. Esse panorama geral do município pode ser considerado o primeiro passo para o desenvolvimento e implementação de políticas visando à resolução de problemas oriundos da geração de RCD.

Estágio 2 (cadastramento dos dados coletados)

Estágio 3 (sugestões para gestão dos RCD)

Estágio 1 (obtenção de informações)

Clicando nos links, o usuário tem acesso a exemplos de ficha para coleta de dados, disponíveis para impressão

Ficha para coleta de dados de agente coletor privado  
Ficha para coleta de dados de agente coletor público  
Ficha para controle da movimentação de carga

Figura 1 - Panorama geral da ferramenta desenvolvida.

Na Figura 1, tem-se um panorama geral da ferramenta desenvolvida.

Com relação à avaliação prévia realizada por profissionais da área, o sistema foi considerado de grande utilidade por todos por apresentar a compilação de um grande volume de informações, capaz de subsidiar a ação de usuários não especialistas. Importante salientar que foram sugeridas alterações visando melhorar a interface com o usuário, as quais foram implementadas. Importante registrar que o sistema foi utilizado por Tessaro (2012) como base no diagnóstico dos RCD no município de Pelotas (RS). Neste momento busca-se a aplicação do sistema em outras situações reais que possibilitem correções/atualizações para disponibilidade para utilização em escala.

## CONCLUSÕES

O presente trabalho apresenta os resultados do desenvolvimento de um Sistema de Apoio ao Gerenciamento de Resíduos de Construção e Demolição (*Software*) para municípios de pequeno porte. O referido sistema possibilita que o usuário seja guiado na utilização dos

conhecimentos estruturados anteriormente por meio de uma interface interativa e acessível, auxiliando:

- na coleta de dados referentes ao RCD do município;
- no cadastramento dos dados coletados formando um banco de dados que servirá de base para o estabelecimento de ações;
- no diagnóstico dos RCD do município (geração *per capita*, composição etc.);
- no dimensionamento do novo sistema de gestão dos RCD;
- na tomada de decisão referente à destinação final de cada classe dos RCD ;
- na estruturação dos programas de informação ambiental e base jurídica referentes ao sistema de gestão dos RCD a ser implantado no município.

Diante do exposto, acredita-se que o sistema desenvolvido possa contribuir de forma significativa no auxílio ao gerenciamento dos RCD em municípios de pequeno porte, colaborando assim para o atendimento das exigências legais e, conseqüentemente, para a conservação do meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE - Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. (2012) *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2012*. Disponível em: <[www.abrelpe.com.br](http://www.abrelpe.com.br)> Acesso em: 10 ago. 2013.

BRASIL. Ministério do Meio ambiente. (2001) Lei nº. 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. (2010) Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. (2002) Resolução CONAMA nº. 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil. Ministério do Meio Ambiente: CONAMA, 2002. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. (2004) Resolução CONAMA nº. 348, de 16 de agosto de 2004. Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. (2011) Resolução CONAMA nº. 431, de 24 de maio de 2011. Altera o art. 3º da Resolução no 307, de 5

de julho de 2002, do CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. (2012). Resolução CONAMA nº. 448, de 18 de janeiro de 2012. Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do CONAMA. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

DA ROSA, M.P. (2005) *Viabilidade econômico-financeira e benefícios ambientais da implantação de uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil produzidos em Florianópolis - SC*. 155 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (SC), Brasil.

BRASIL (2005). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas - IBGE. *Pesquisa nacional de saneamento básico - 2000*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 mar. 2005.

PINTO, Tarcísio de P.; GONZÁLES, Juan L.R. (Coord.). (2005) *Manejo e gestão dos resíduos da construção civil*. Brasília: CAIXA.

TESSARO, A.B.; SÁ, J.S.; SCREMIN, L.B. (2012) *Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS*. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 121-130. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido>>. Acesso em: 3 set. 2012.