



13 - RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD): PANORAMA DAS ÁREAS DE RECEPÇÃO NA CIDADE DE BELO HORIZONTE / MG

Raphael Lúcio Reis dos Santos ^{1,a}, Conrado de Souza Rodrigues ^{1,b}

¹ CEFET/MG, ^araphael.santos@cefetmg.br, ^bcrodrigues@civil.cefetmg.br

RESUMO

O gerenciamento de resíduos sólidos municipais tornou-se mais complexo e dispendioso com o rápido desenvolvimento socioeconômico e o aumento do volume de resíduos. Neste contexto, destacam-se os Resíduos de Construção e Demolição (RCD), tendo em vista que, representam uma grande parcela dos resíduos sólidos gerados no meio urbano. Um dos principais impactos enfrentados pelos municípios em relação aos resíduos da construção civil está associado à disposição irregular das enormes quantidades produzidas e aos gastos por parte da administração pública com modelos de gestão corretivas. Planejar uma estratégia regional sustentável de gerenciamento de resíduos é um passo crítico para os tomadores de decisão. Este estudo busca apresentar o panorama dos atuais locais de recebimento de RCD situados na cidade de Belo Horizonte, avaliando sua eficiência na gestão municipal. Para atingir o objetivo proposto foram utilizadas referências baseadas em relatórios da Superintendência de Limpeza Urbana (SLU) e também, por meio de pesquisa bibliográfica, realizada em artigos, plano municipal de gestão e legislação vigente. Com base nos resultados obtidos, verifica-se que o município possui boa estrutura destinada para o gerenciamento de RCD, de acordo com as exigências da Resolução CONAMA nº 307/2002, todavia, embora a SLU disponibilize Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes (URPVs) e Estações de Reciclagem de Entulho (ERE) de resíduos da construção civil, ainda é possível constatar diversos locais de disposição de RCD irregulares. Conclui-se que há grande deficiência no que diz respeito as medidas relacionadas à não-geração, à minimização, à disposição e o reaproveitamento do RCD gerado na cidade. Por fim, sugere-se algumas medidas que poderiam ser adotadas para melhoria, sobretudo relacionadas às áreas atuais de recebimento, da gestão de RCD da cidade de Belo Horizonte.

PALAVRAS-CHAVE: Disposição de resíduos, Gestão de resíduos, Resíduos de Construção e Demolição, Resíduos sólidos.

INTRODUÇÃO

O processo de urbanização intenso com conseqüente adensamento dos centros urbanos iniciou-se no Brasil a partir da década de 1950, provocando em muitas cidades, sobretudo naquelas em que houve crescimento desordenado e rápido, graves problemas sociais, ambientais e sanitários. Segundo Santos (2008), esses últimos problemas são ocasionados, na maioria dos casos, pela gestão inadequada dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), entre eles os resíduos oriundos da construção civil, designados como Resíduos de Construção e Demolição (RCD).

A indústria da construção civil possui papel significativo no desenvolvimento econômico e social do país, gerando emprego, renda e comercialização de insumos, equipamentos e serviços em seu processo produtivo; todavia, o grande desafio atualmente é conciliar desenvolvimento econômico e preservação ambiental (KARPINSK *et al.*, 2009). Pesquisas realizadas no Brasil sobre as particularidades das cidades sustentáveis apontaram a construção civil como um setor a ser aprimorado, tendo em vista que causa grande impacto ao meio ambiente em razão do consumo de recursos naturais ou extração de materiais de jazidas; do consumo de energia elétrica nas etapas de extração, transformação, fabricação, transporte e aplicação dos materiais; da geração de resíduos decorrentes de perdas, desperdício e demolições, bem como do desmatamento e de mudanças no uso do solo (BRASIL, 2002).

O relatório elaborado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2012), estimou produção nacional de cerca de 31 milhões de toneladas/ano de Resíduos de Construção e Demolição. Sendo que, Pinto (1999) quantifica a geração dos RCD entre 0,40 e 0,76 toneladas/habitante/ano, baseado na média de algumas cidades brasileiras. De acordo com John e Agopyan (2000), a metodologia utilizada nas estimativas de geração de RCD podem causar grande variabilidade nos valores quando analisadas diferentes fontes para um mesmo país. A Tabela 1 apresenta as estimativas de geração de RCD em diferentes países.



Daher e Fabr (2012) alegam que, os resíduos provenientes de processos de construção, reformas ou demolições (constituídos por concreto, tijolo, solo, rocha, dentre outros materiais inertes), quando depositados em locais inapropriados, podem acarretar graves problemas ambientais. Há diversas dificuldades a respeito do tratamento e destinação final dos RCD, sendo que, uma das principais é a deficiência de informações precisas sobre a quantidade de áreas que recebem esse tipo de material e suas características, dados indispensáveis para o planejamento urbano, dos geradores dos resíduos e, ainda, dos investidores do setor.

Tabela 1: Estimativas de geração de Resíduos de Construção e Demolição (RCD).

PAÍS	QUANTIDADE ANUAL	
	Mt	Kg/hab
Alemanha	79 - 300	963 - 3658
Brasil	-	230 - 660
Estados Unidos	136 - 171	463 - 584
Holanda	13 - 20	820 - 1300
Japão	99	785
Portugal	3	325
Suécia	1 - 6	136 - 680

Fonte: Adaptado de John e Agopyan (2000).

Outro ponto relevante consiste na implantação da gestão eficiente dos Resíduos de Construção e Demolição, buscando evitar os custos de retrabalho e reduzir danos relativos a deposição em locais inadequados. Para uma gestão sustentável de RCD, a captação, coleta e a reciclagem destes pode ser uma ferramenta eficaz (RODRIGUES, 2011).

Esta situação gera uma necessidade constante de políticas públicas e soluções técnico-científicas para coleta e disposição, assim como a viabilização de reciclagem e reaproveitamento de resíduos sólidos urbanos, particularmente os gerados pela construção civil. Neste contexto, este trabalho pretende apresentar o panorama das áreas receptoras dos Resíduos de Construção e Demolição presentes em Belo Horizonte. Verificou-se a existência de 34 Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes (URPVs), 2 Estações de Reciclagem de Entulho (ERE) na cidade e diversos locais de deposição irregulares.

OBJETIVO

O presente artigo tem como objetivo avaliar a disposição dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD) no município de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, através de informações coletadas em relatórios da Superintendência de Limpeza Urbana (SLU) e também, por meio de pesquisa bibliográfica, realizada em artigos, plano municipal de gestão e legislação vigente. Tal trabalho visa promover discussão a respeito da gestão desse tipo de resíduo em cidades de grande porte, contribuindo para ampliar o debate acerca do desenvolvimento sustentável.

METODOLOGIA

De acordo com Tasca *et al.* (2012), a inexistência de um padrão estabelecido que permita a adoção de um procedimento único, no que diz respeito à metodologia de pesquisa, faz a escolha do enquadramento metodológico variar de acordo com os objetivos da pesquisa.

Logo, as definições acerca desse tema possuem como ponto de partida a seleção da estrutura metodológica mais adequada à natureza da pesquisa (TASCA *et al.*, 2012). Neste sentido, para o desenvolvimento do presente trabalho, definiu-se a estrutura metodológica proposta por Ensslin e Ensslin (2008 apud AZEVEDO, 2013):

- i. Objetivo da pesquisa: Exploratória.
- ii. Natureza da pesquisa: Conceitual.
- iii. Lógica da pesquisa: Indutiva e Dedutiva.
- iv. Processo da pesquisa: Qualitativa e Quantitativa.
- v. Resultado da pesquisa: Básica.
- vi. Procedimentos técnicos: Pesquisa bibliográfica.
- vii. Instrumentos: Livros, artigos, relatórios, planos de gestão e legislação nacional.

A metodologia adotada nesta pesquisa baseou-se na divisão do estudo do panorama das áreas de recepção de RCD em Belo Horizonte em três etapas. A primeira referiu-se à descrição dos dados básicos da cidade, a segunda consistiu na apresentação de conceitos da geração e destinação do RCD e, por último, realizou-se uma análise da organização pública utilizada na gestão de RCD do município. A Figura 1 sistematiza as etapas do estudo.

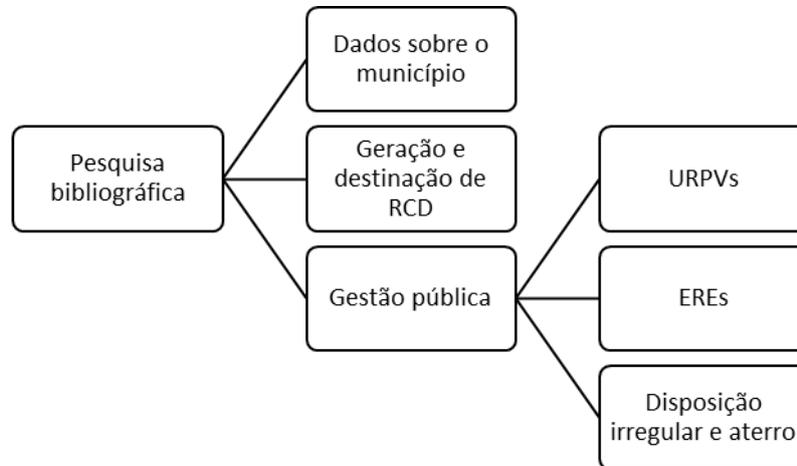


Figura 1: Metodologia da pesquisa desenvolvida. Fonte: Próprio autor.

As informações da primeira etapa foram obtidas através de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Prefeitura de Belo Horizonte (PBH). Já para a segunda etapa, foram utilizados conceitos apresentados na Resolução CONAMA (2002). Por fim, utilizou-se registros obtidos no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRSBH, 2017) e da Superintendência de Limpeza Urbana (SLU) na terceira etapa. Também foram utilizados como referências, ao longo de todo o artigo, trabalhos acadêmicos realizados no Brasil e em outros países para auxílio na análise do panorama das áreas de recepção de RCD na cidade de Belo Horizonte.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dados básicos sobre Belo Horizonte

O município de Belo Horizonte, capital do Estado de Minas Gerais, está situado na região sudeste do Brasil. A sede municipal localiza-se a 852 metros de altitude, podendo atingir 1.395 metros, no topo da Serra do Curral. Possui uma área territorial de 331,4 km² e população estimada de 2,5 milhões de habitantes, representando densidade demográfica de 7.544 hab/km² (IBGE, 2017).

A cidade divide-se em nove regionais, que são espécies de subprefeituras encarregadas pelo atendimento do serviço público dos bairros que as compõem (PBH, 2018). A Figura 2 apresenta a distribuição populacional e de área por regional.

De acordo com a Prefeitura de Belo Horizonte (PBH, 2018), a gestão de resíduos do município compreende os serviços públicos de varrição e capina, coleta de resíduos sólidos (domésticos e especiais, incluindo os RCD), o tratamento e a disposição final dos mesmos. Dados da SLU (2014) indicam que 404.748,31 toneladas de RCD foram recolhidos nas URPVs, em locais irregulares e por emissores particulares e públicos, representando 32,3% do total de resíduos sólidos coletados em Belo Horizonte. Deste total, somente 49.839,24 toneladas (12,3% do RCD coletado na cidade) foram enviados para a reciclagem. A Tabela 2 apresenta a destinação dos resíduos sólidos da cidade por tipologia.

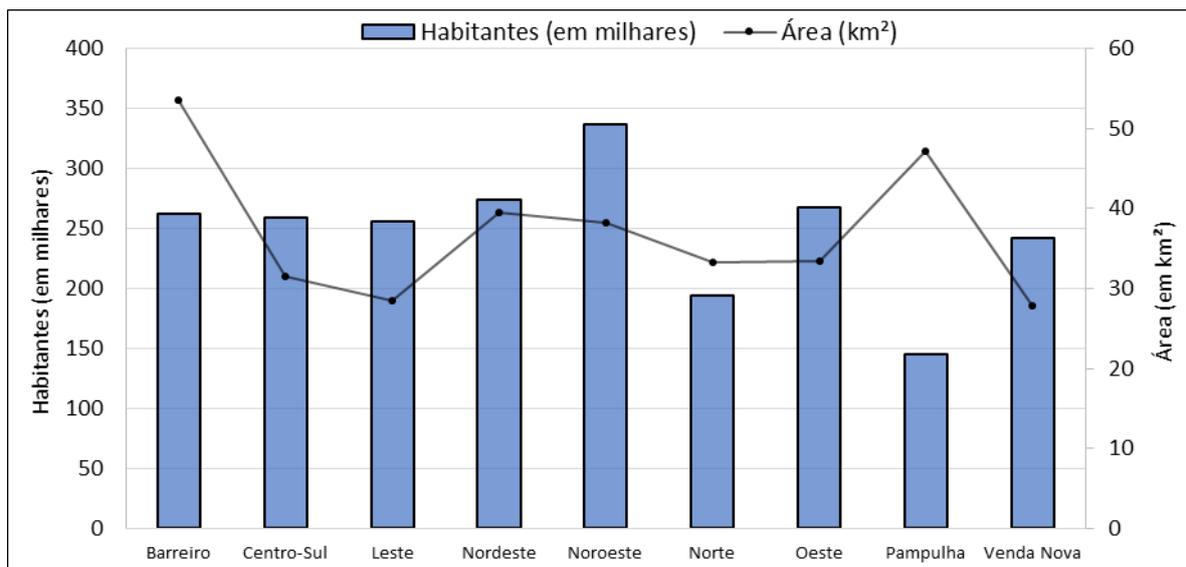


Figura 2: Distribuição populacional e de área por regional. Fonte: Adaptado de IBGE (2017).

Tabela 2: Destinação dos resíduos sólidos em Belo Horizonte por tipologia.

TIPO DE RESÍDUO	ORIGEM	QUANTIDADE (T)	TRATAMENTO/ DESTINAÇÃO	LOCAL
Resíduos de Serviços de Saúde (RSS)	Coleta em instituições de saúde	9.168	Aterramento	CTRS BR-040
Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)	Coleta domiciliar e limpeza urbana	828.157	Transbordo + Aterragem	CTRS Macaúbas
	Coleta seletiva de orgânicos	2.525	Compostagem	CTRS BR-040
	Coleta seletiva de papéis, metais, plásticos e vidros	6.636	Triagem + Reciclagem	Associações e cooperativas
	Podas da arborização pública	261	Compostagem	CTRS BR-040
Resíduos de Construção e Demolição (RCD)	Coleta nas URPV e em locais irregulares	354.909	Triagem + Aterragem	CTR Maquiné
	Particulares e públicos	29.995	Triagem + Reciclagem	ERE - Pampulha
		19.843	Triagem + Reciclagem	ERE - CTRS BR-040
Total de resíduos		1.251.497 t/ano		

Fonte: Adaptado de SLU (2014).

Geração de Resíduos de Construção e Demolição

O RCD é composto por todos os resíduos de materiais utilizados na realização de atividades de construção civil, sendo provenientes das etapas de demolições, infraestrutura, reformas, restaurações, reparos e novas construções, ou seja, são todos os fragmentos ou restos de materiais pétreos, areias, materiais cerâmicos, argamassa, concreto, aço e madeira (JOHN, 2000).

Os impactos causados ao meio ambiente devido ao descarte inadequado dos RCD é um dos maiores problemas na gestão dos municípios, pois podem comprometer a paisagem local, o tráfego de pedestres e veículos e a drenagem urbana (MORAIS, 2006). Desta forma, a Resolução CONAMA nº 307/2002 foi sancionada com o intuito de auxiliar nas demandas relacionadas ao gerenciamento do RCD e estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos mesmos, sendo a principal normativa reguladora de todas as etapas do fluxo dos resíduos.



A citada Resolução classifica os resíduos gerados nas atividades de construção civil, proíbe a disposição em aterros de resíduos sólidos urbanos e em locais não regularizados para este tipo de atividade e estabelece as destinações adequadas para cada classe de resíduos, conforme indicado na Tabela 3.

Desta forma, acrescenta-se que os RCD possuem naturezas distintas, podendo variar de acordo com o local da geração, da modernização desenvolvida na construção, das diversidades referentes ao material aplicado na obra, da qualidade do projeto e da mão de obra empregada (OLIVEIRA, 2008). Portanto, seu tratamento deve ser realizado dentro dos canteiros de obra, com organização e segregação dos materiais para posterior reutilização ou reciclagem futura (NAGALLI, 2014).

De modo geral, a Resolução CONAMA (2002), discrimina as áreas de destinação do RCD através dos termos técnicos a seguir:

- Áreas de destinação de resíduos: São áreas destinadas ao beneficiamento ou à disposição final de resíduos.
- Aterro de resíduos classe A: Área tecnicamente adequada, onde serão empregadas técnicas de destinação de RCD classe A no solo, visando a reservação de materiais segregados, possibilitando seu uso futuro ou utilização da área.
- Área de transbordo e triagem de RCD: Área destinada ao recebimento de RCD e de resíduos volumosos, para triagem, armazenamento temporário dos materiais segregados, eventual transformação e posterior remoção para destinação adequada.
- Beneficiamento: É o ato de submeter um resíduo à operações e/ou processos que tenham por objetivo dotá-los de condições que permitam que sejam utilizados como matéria prima ou produto.
- Reciclagem: É o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação.

Tabela 3: Classificação e destinação dos RCD.

CLASSE	DESCRIÇÃO	DESTINAÇÃO
Classe A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, inclusive solos provenientes de terraplanagem, componentes cerâmicos, argamassa e concreto.	Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
Classe B	Resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso.	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
Classe C	Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis, que permitam a sua reciclagem ou recuperação.	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
Classe D	Resíduos perigosos provenientes do processo de construção.	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Fonte: Resolução CONAMA nº 307/2002.

Organização pública na gestão de RCD

O Brasil aprovou, em 2 de agosto de 2010, a Lei Federal nº 12.305, que implementou a nova Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelecendo diretrizes que devem ser adotadas para o gerenciamento dos resíduos sólidos no país. A legislação ressalta a importância da hierarquização das ações de manejo: não gerar resíduos, reduzir sua produção, reutilizar, reciclar, tratar e realizar a disposição final ambientalmente adequada dos resíduos deve ser a sequência hierárquica conduzida em todos os projetos vinculados ao gerenciamento dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Em âmbito municipal, a Lei nº 10.534/2012 dispõe sobre a limpeza urbana, seus serviços e o manejo de resíduos sólidos urbanos em Belo Horizonte a qual embasou o desenvolvimento de trabalhos resultando no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRSBH, 2017). Neste contexto, a busca por uma melhor destinação dos resíduos sólidos já gerados (PAGNUSSAT, 2004), passa pela análise da gestão e gerenciamento dos resíduos adotada na cidade, através do PMGIRS e das estratégias utilizadas na cadeia produtiva de resíduos, incluindo sua disposição.

O sistema de gestão de RCD do município de Belo Horizonte é composto por 34 Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes (URPVs), 2 Estações de Reciclagem de Entulho (EREs) na cidade e 1 aterro localizado na região metropolitana. As EREs e os aterros atendem os grandes geradores que, por meio das empresas transportadoras de RCD, descarregam seus resíduos normalmente acondicionados em caçambas. Já as URPVs são utilizadas para atender aos pequenos geradores, com geração máxima diária de 1m³ de resíduos, e com o objetivo de minimizar as deposições irregulares. O fluxo do RCD a partir da estrutura de gerenciamento de resíduos existente no município é exibido na Figura 3.

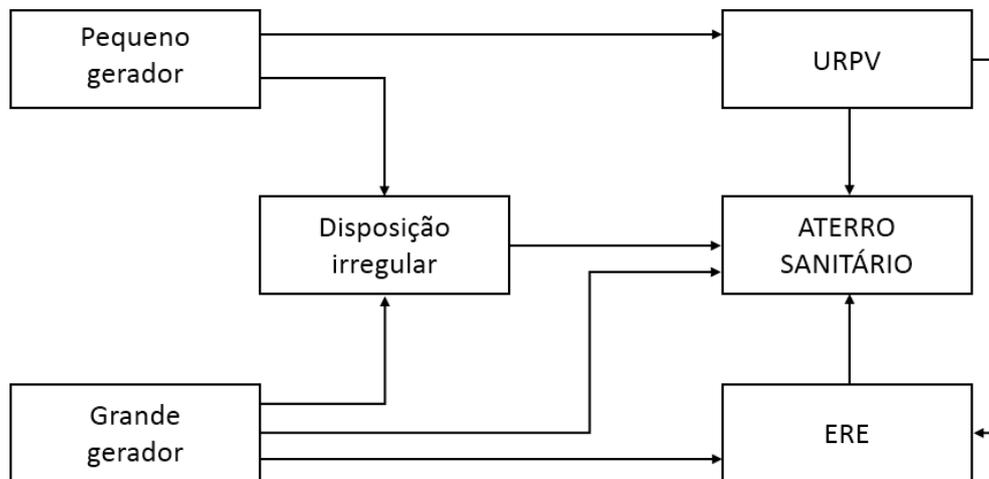


Figura 3: Fluxograma da gestão de RCD em Belo Horizonte. Fonte: Adaptado de PBH (2018).

O objetivo do presente tópico é apresentar o panorama das áreas de recepção de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) na cidade de Belo Horizonte / MG.

Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes (URPVs)

As Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes (URPVs) são equipamentos públicos destinados a receber RCD, resíduos de poda e terra, até o limite diário de 1m³ por viagem, assim como pneus, colchões e móveis velhos (PBH, 2018).

De acordo com a Superintendência de Limpeza Urbana (SLU) há trinta e quatro URPVs distribuídas nas nove regionais da cidade. Os materiais são recebidos nas URPVs em caçambas e, após a triagem, parte dos resíduos vai para o aterro sanitário e outra parcela para uma das duas Estações de Reciclagem de Entulho presentes em Belo Horizonte, onde os resíduos são reciclados e reintroduzidos na cadeia da construção civil (PBH, 2018). A Figura 4 apresenta o quantitativo de URPVs de Belo Horizonte por regional, e também a sua distribuição espacial em mapeamento realizado no software ArcGis.

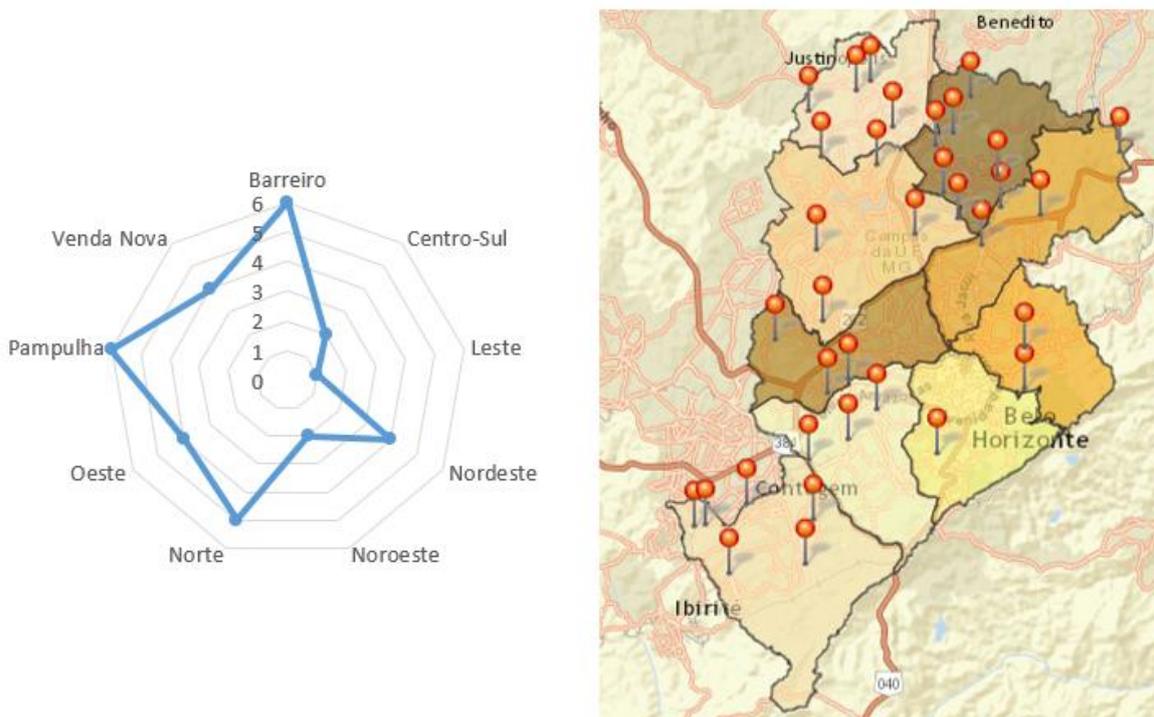


Figura 4: Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes (URPVs) de Belo Horizonte. Fonte: Próprio autor.

Entre os anos de 2007 e 2013, de acordo com os relatórios anuais dos referidos anos, o total de resíduos recebidos nas URPVs foi de 114.347 t/ano (média anual do período). Estima-se quantitativo de 130.650 t/ano para o ano de 2017 (PMGIRSBH, 2017). O total de RCD recebidos, ano a ano, é apresentado na Figura 5.

As URPVs, embora tenham sua distribuição espacial heterogênea na cidade, são importantes estruturas para a redução da ocorrência de deposições irregulares. A ampliação da quantidade de URPVs em cidades como Belo Horizonte, todavia, enfrenta, como fatores limitadores, principalmente restrições quanto ao uso do solo, a existência de poucos terrenos públicos disponíveis e a aversão da população na instalação de URPVs na vizinhança (NIMBY – “Not in My Back Yard” (LEE *et al.*, 1994), que em tradução literal seria equivalente a “Não no meu quintal”). Além disso, custos de implantação e operação limitam a expansão deste importante equipamento público na captação de RCD.

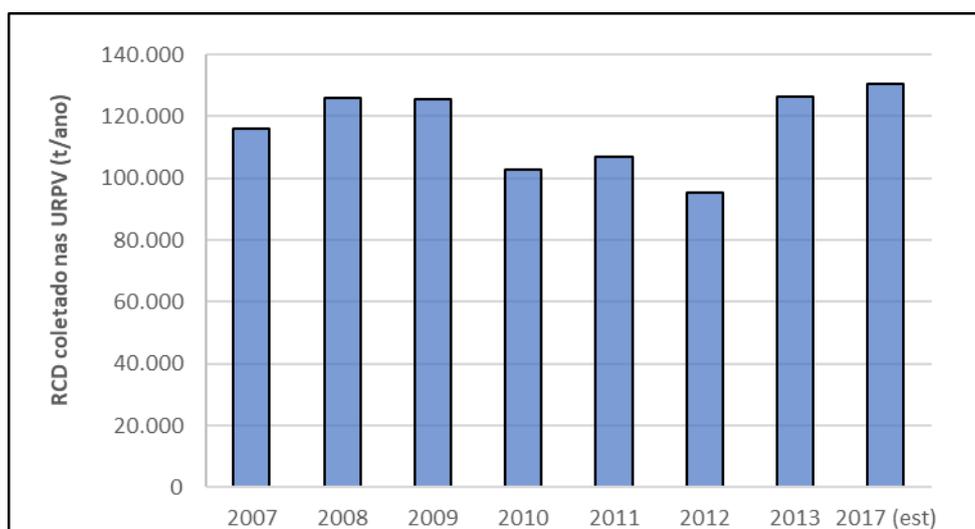


Figura 5: Quantitativo de RCD recebido nas URPV entre 2007 e 2013. Fonte: Adaptado de Relatório Anual SLU (2007-2013).



Estações de Reciclagem de Entulho (EREs)

A utilização de resíduos como matéria-prima na construção civil auxilia na redução da quantidade de recursos naturais retirados do meio ambiente. Os resíduos estudados poderão tornar-se um grande auxiliador na produção de materiais alternativos de menor custo, substituindo em grande parte os agregados naturais empregados em concretos, argamassas, blocos, barreiras de contenção, camadas estruturais para pavimentação e demais aplicações (FIORITI, 2007). Pesquisas utilizando Resíduos de Construção e Demolição (RCD) já foram realizadas no Brasil e no mundo para diferentes aplicações, conforme exposto na Tabela 4.

Tabela 4: Pesquisas utilizando RCD no Brasil e no mundo.

AUTORES	PAÍS	TÍTULO
Herrador <i>et al.</i> (2011)	Espanha	Use of Recycled Construction and Demolition Waste Aggregate for Road Course Surfacing
Arulrajah <i>et al.</i> (2013)	Estados Unidos	Resilient moduli response of Recycled Construction and Demolition materials in pavement subbase applications
Ceolin (2015)	Brasil	Análise dos efeitos da adição de cal em resíduos de construção e demolição para utilização em pavimentação
Mohammadinia <i>et al.</i> (2015)	Austrália	Laboratory evaluation of the use of cement-treated construction and demolition materials in pavement
Cardoso <i>et al.</i> (2016)	Portugal	Use of recycled aggregates from construction and demolition waste in geotechnical applications: A literature review
Fatemi e Imaninasab (2016)	Irã	Performance evaluation of recycled asphalt mixtures by construction and demolition waste materials
Arulrajah <i>et al.</i> (2017)	Tailândia	Recycled plastic granules and demolition wastes as construction materials
Silva <i>et al.</i> (2018)	Brasil	Particle breakage in Construction Waste (CW) induced by compaction

Desta forma, a gestão adequada e a reciclagem de resíduos são benéficas ao meio ambiente, uma vez que conduzem à diminuição do consumo de recursos naturais e do volume de resíduos enviados para deposição (COCHRAN *et al.*, 2007). Javaheri *et al.* (2006), afirma que a gestão dos resíduos sólidos urbanos atualmente é uma grande preocupação para as autoridades e os planejadores das cidades devido ao aumento da população, da urbanização e do espaço limitado do solo.

As Estações de Reciclagem de Resíduos de Construção Civil são equipamentos destinados à recepção e reciclagem dos RCD, produzidos por grandes geradores, que se utilizam de caminhões ou caçambas como meio de transporte. Já os resíduos da construção civil produzidos por pequenos geradores são recebidos nas Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes (URPVs) e, se estiverem devidamente segregados, são transportados para as usinas de reciclagem (PBH, 2018). Dados do PMGIRSBH (2017) indicam que apenas 5% dos resíduos coletados nas URPVs são enviados para as EREs para reciclagem.

A PBH e a SLU implementaram, no final dos anos 90, o Programa de Reciclagem de Entulho, tendo como objetivo transformar os RCD em agregados reciclados. A primeira unidade inaugurada no bairro Estoril (1995), foi desativada em 2013, devido ao impacto gerado à vizinhança (reafirmando as dificuldades inerentes ao NIMBY). Após esse prazo, a comunidade voltou a se mobilizar, reivindicando o fechamento da unidade. A falta de terreno público adequado inviabilizou o reassentamento dessa unidade. Atualmente, existem 2 (duas) Estações de Reciclagem de Entulho (ERE) em operação: a unidade Pampulha (inaugurada em 1996 e localizada na regional de mesmo nome) e a CTRS BR-040 (inaugurada em 2006 na regional Noroeste).

Os RCD segregados, entregues em uma das EREs, são transformados em agregado reciclado, que pode ser novamente reintroduzido na cadeia da construção civil, substituindo a areia ou brita naturais. De acordo com a PBH (2018), a ERE localizada na região Noroeste possui capacidade nominal de 80 t/hora, enquanto a da unidade Pampulha é de 30 t/hora. A Figura 6 exibe a Estação de Reciclagem de Entulho localizada na região da Pampulha.



Figura 6: Estação de Reciclagem de Entulho localizada na região da Pampulha. Fonte: Superintendência de Limpeza Urbana - SLU (2017).

Disposição irregular e aterro

Dados da Prefeitura de Belo Horizonte (2007) apontaram que a cidade possuía cerca de 650 bota-foras irregulares, embora exista legislação para inibir o descarte inadequado dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD). O encaminhamento de resíduos sólidos para locais inadequados configura-se um dos piores impactos ao meio ambiente, pois a decomposição dos materiais gera substâncias altamente tóxicas que contaminam diretamente o solo, a água, o ar, a fauna, a flora e a população humana. Trata-se de uma prática ilegal, cujos efeitos danosos não são controláveis e que, com o passar dos anos, apresenta custos cada vez mais elevados para adoção de medidas de controle (ABRELPE, 2015).

De acordo com o PMGIRSBH (2017), a deposição ilícita gera um gasto para a Prefeitura de cerca de R\$ 11,5 milhões por ano, com a coleta e aterragem desses resíduos. Estimativas presentes no plano de gestão supracitado quantificam em 114.000 toneladas os resíduos dispostos de forma irregular no ano em questão. Na Figura 7 é possível verificar fiscalização realizada pela Polícia de Meio Ambiente da PMMG em que foi apurada a deposição inadequada de resíduos sólidos próximo ao leito do Rio das Velhas.



Figura 7: Bota-fora irregular próximo ao Rio das Velhas. Fonte: Polícia Militar de Meio Ambiente - PMMG (2017).

Há estudos realizados nas cidades brasileiras de Passo Fundo - RS (KARPINSK *et al.*, 2009), Parnaíba - PI (NETO, 2010), São José do Rio Preto - SP (SILVA, 2012); Uberlândia - MG (RIBEIRO e DIAS, 2013); Montes Claros - MG (MOURÃO *et al.*, 2015) e São Paulo - SP (KLEIN e DIAS, 2017) que relacionam a deposição incorreta dos resíduos sólidos a diferentes aspectos ambientais, sociais e econômicos. Os principais aspectos citados nestes estudos

relacionados à deposição irregular dos resíduos foram a fiscalização e gestão precárias, e também a acessibilidade até os pontos de deposição.

Identificar áreas de deposição de resíduos sólidos exige o cumprimento de fatores ambientais, sociais e econômicos (TAVARES *et al.*, 2011; KHAN *et al.*, 2015), sendo a gestão das mesmas, tarefa desafiadora para muitos países em desenvolvimento (MOHAMMEDSHUM *et al.*, 2014).

Desta forma, percebe-se a influência da distribuição espacial das URPV na cidade em relação aos resíduos coletados pela prefeitura em deposições irregulares, constituídas principalmente por RCD. Estas constatações confirmam a necessidade de rever a estrutura das URPV e direcionam as tomadas de decisões para instalação de novas unidades, com distribuição mais homogênea.

CONCLUSÃO

O objetivo principal desta pesquisa foi apresentar o panorama das áreas atuais de disposição de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) para avaliar o gerenciamento dos resíduos gerados em Belo Horizonte. Desta forma, foram apresentadas informações básicas sobre o município, a análise da geração e possíveis destinações de RCD e um diagnóstico dos equipamentos públicos envolvidos no gerenciamento destes resíduos da cidade.

Em relação aos dados básicos sobre Belo Horizonte tem-se que o município apresenta nove regionais com distribuição populacional e de áreas heterogênea, sendo a regional Noroeste a mais populosa e a regional Barreiro a com maior área territorial. Em relação aos resíduos gerados no município observa-se grande representatividade de RCD recolhidos nas URPVs, em locais irregulares e por emissores particulares e públicos (32,3% do total de resíduos sólidos coletados na cidade).

Quanto à análise de geração e destinação do RCD, buscou-se conceituar a origem dos resíduos provenientes da construção civil. Assim como, apresentar a classificação da tipologia de RCD, de acordo com a Resolução CONAMA nº 307/2002, e as possíveis destinações do mesmo. Conclui-se que a situação que gera maior reaproveitamento do RCD e menor impacto ao meio ambiente é a reciclagem de RCD Classes A e B.

O diagnóstico dos equipamentos públicos envolvidos no gerenciamento de RCD no município de Belo Horizonte indicam aspectos positivos e falhas. Embora a cidade possua uma boa estrutura, de acordo com as exigências da Resolução CONAMA nº 307/2002, a operação dessas estruturas necessita de melhorias. No que tange às Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes (URPVs), observou-se que as instalações se apresentam distribuídas de forma heterogênea no município, havendo lugares com maior concentração de URPV em relação a outros locais, influenciando as deposições irregulares. Além disso, cerca de 95% dos resíduos coletados nas URPVs são destinados à aterragem, indicando que, embora as unidades sejam capazes de auxiliar na redução das deposições irregulares, elas não estão atuando na sua função de triagem do material recebido.

No que diz respeito à reciclagem, foi possível perceber que, apesar da boa estrutura fornecida pela prefeitura, através de suas Estações de Reciclagem de Entulho (EREs), há um baixo aproveitamento das instalações. De todo o RCD gerado no município apenas 12,3% (49.839,24 toneladas) foram encaminhados para o seu reaproveitamento. Além disso, as EREs operam na maior parte do tempo abaixo da capacidade instalada (de 80 t/hora e 30 t/hora, para as EREs Noroeste e Pampulha, respectivamente).

Por fim, conclui-se que o gerenciamento das áreas de recepção dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD) da cidade de Belo Horizonte necessita de intervenções governamentais e maior atuação dos gestores. Embora os equipamentos públicos existentes apresentem boa estrutura, é necessário utilizar de forma otimizada os recursos disponíveis, e também obter maior participação da população quanto à disposição correta dos RCD. Para que este objetivo seja alcançado, sugere-se a implantação de programas de incentivo e de educação ambiental no município. Além disto, a ampliação da fiscalização e aplicação de multas aos geradores de resíduos poderão contribuir para a correta disposição e reaproveitamento dos RCD gerados.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. *Panorama de resíduos sólidos no Brasil*. 2015. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2018.
2. ARULRAJAH, A. *et al.* Recycled plastic granules and demolition wastes as construction materials. *Construction and Building Materials*, v. 147, p. 639-647, 2017.
3. ARULRAJAH, A. *et al.* Resilient moduli response of recycled construction and demolition materials in pavement subbase applications. *Journal of Materials in Civil Engineering*, v. 25, n. 12, p. 1920-1928, 2013.
4. AZEVEDO, R. C. Um modelo para gestão de risco na incorporação de imóveis usando a metodologia multicritério para apoio a decisão construtivista (MCDA-C). Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.
5. BRASIL. 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. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 26 mar. 2018.
6. _____. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. Dispõe sobre a gestão dos resíduos da construção civil e dá outras providências. Brasília, 2002.
7. CARDOSO, R. *et al.* Use of recycled aggregates from construction and demolition waste in geotechnical applications: A literature review. *Waste Management*, v. 49, p. 131-145, 2016.
8. CEOLIN, G. C. Análise dos efeitos da adição de cal em resíduos de construção e demolição para utilização em pavimentação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.
9. COCHRAN, K. *et al.* Estimation of regional building-related C&D debris generation and composition: case study for Florida. US. J. *Waste Manage.* 2007.
10. DAHER, A. M.; FABR, E. S. Gestão de rejeitos de madeira na construção civil: Impactos no Empreendimento Way Pampulha. *Pós em revista do Centro Universitário Newton Paiva*, Belo Horizonte, Edição 6, p. 151-156, 2012.
11. ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. Notas de aula. Disciplina de Avaliação de Desempenho do Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção. UFSC, 2008.
12. FATEMI, S.; IMANINASAB, R. Performance evaluation of recycled asphalt mixtures by construction and demolition waste materials. *Construction and Building Materials*, v. 120, p. 450-456, 2016.
13. FIORITI, C. F. Pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de pneus como material alternativo. Universidade de São Paulo, 2007.
14. HERRADOR, R. *et al.* Use of recycled construction and demolition waste aggregate for road course surfacing. *Journal of Transportation Engineering*, v. 138, n. 2, p. 182-190, 2011.
15. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa de informações básicas municipais: perfil dos municípios brasileiros, 2017. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 06 mai. 2018.
16. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil: Relatório de Pesquisa. Brasília, 2012.
17. JAVAHERI, H. *et al.* Site selection of municipal solid waste landfills using analytical hierarchy process method in a geographical information technology environment in Giroft. *Journal of Environmental Health Science & Engineering*, v. 3, n. 3, p. 177-184, 2006.
18. JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. Reciclagem de resíduos da construção. In: *Seminário reciclagem de resíduos sólidos domiciliares*. 2000. São Paulo.
19. JONH, V. M. 2000. Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. 113p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2000.
20. KARPINSKI, L. A. *et al.* Proposta de Gestão de Resíduos da Construção Civil para o município de Passo Fundo/RS. In: *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Rio de Janeiro, 2009.
21. KHAN, M. *et al.* Development of a decision model for the techno-economic assessment of municipal solid waste utilization pathways. *Waste Management*, v. 48, p. 548-564, 2015.
22. KLEIN, F. B.; DIAS, S. G. A deposição irregular de resíduos da construção civil no município de São Paulo: um estudo a partir dos instrumentos de políticas públicas ambientais. *Desenvolvimento e Meio ambiente*, v. 40, 2017.
23. LEE, G. F. *et al.* Landfill NIMBY and Systems Engineering: A Paradigm for Urban Planning. In: *INCOSE International Symposium*. 1994.



24. MOHAMMADINIA, Al. *et al.* Laboratory evaluation of the use of cement-treated construction and demolition materials in pavement base and subbase applications. *Journal of Materials in Civil Engineering*, v. 27, n. 6, 2015.
25. MOHAMMEDSHUM, A. A. *et al.* Application of Geographic Information System and Remotesensing in effective solid waste disposal sites selection in Wukro town, Tigray, Ethiopia. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, v. 40, n. 2, p. 115, 2014.
26. MORAIS, G. M. D. Diagnóstico da Deposição Clandestina de Resíduos de Construção e Demolição em Bairros Periféricos de Uberlândia: subsídios para uma gestão sustentável. Uberlândia, 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.
27. MOURÃO, S. A. *et al.* Diagnóstico da disposição dos resíduos sólidos da construção civil na cidade de Montes Claros, MG. *Ciência e Natura*, 37(42), 251-261, 2015.
28. NAGALLI, A. Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.
29. NETO, F. G. Deposições irregulares de resíduos da construção civil na cidade de Parnaíba-PI. Rio Claro, Dissertação (Mestrado em Geografia) – UNESP, 2010.
30. OLIVEIRA, D. M. Desenvolvimento de Ferramenta Para Apoio à Gestão de Resíduos de Construção e Demolição Com Uso de Geoprocessamento: caso Bauru, SP. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.
31. PAGNUSSAT, D. T. Utilização de escória granulada de fundição (EGF) em blocos de concreto para pavimentação. 2004.
32. PINTO, T. P. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. 1999. 209 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
33. PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE (PBH). Informações gerais sobre o serviço de limpeza urbana. Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/slu>>. Acesso em: 10 mai. 2018.
34. _____. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte (PMGIRS-BH). 2017.
35. _____. Prefeitura dá continuidade às ações de combate ao bota-fora clandestino. 2007. Disponível: <<http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/contents.do?evento=conteudo&idConteudo=40537&chPlc>>. Acesso em: 29 mar. 2018.
36. _____. SUPERINTENDÊNCIA DE LIMPEZA URBANA - SLU. Relatório Anual de Atividades. Belo Horizonte: 2007 – 2013.
37. RIBEIRO, F. S.; DIAS, J. F. Deposição irregular dos resíduos de construção civil em Uberlândia/MG. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, 1(5), 88-106, 2013.
38. RODRIGUES, T. Aspectos qualitativos e quantitativos dos resíduos de construção e demolição (RCD) na cidade de campina grande. 2011.
39. SANTOS, A. N. Diagnóstico da situação dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD) no município de Petrolina (PE). 2008. 111 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco. Recife, 2008.
40. SILVA, A. A. Avaliação dos pontos de apoio (ecopontos) na gestão dos resíduos sólidos urbanos: estudo de caso de São José do Rio Preto – SP. São Carlos, Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, 2012.
41. SILVA, N. M. *et al.* Particle breakage in Construction Waste (CW) induced by compaction. *Ambiente Construído*, v. 18, n. 1, p. 281-298, 2018.
42. SUPERINTENDÊNCIA DE LIMPEZA URBANA. SLU. Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte. Belo Horizonte, 2014.
43. TASCA, J. *et al.* A avaliação de programas de capacitação: um estudo de caso na administração pública. *Revista de Administração Pública*, v. 46, n. 3, 2012.
44. TAVARES, G. *et al.* Multi-criteria GIS-based siting of an incineration plant for municipal solid waste. *Waste management*, v. 31, n. 9, p. 1960-1972, 2011.