



JULIA MELETI REIS

**DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E
DEMOLIÇÃO COLETADOS NO MUNICÍPIO DE LAVRAS-
MG: UM ESTUDO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE UMA
USINA DE TRIAGEM E RECICLAGEM**

**LAVRAS - MG
2021**

JULIA MELETI REIS

**DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO
COLETADOS NO MUNICÍPIO DE LAVRAS - MG: UM ESTUDO PARA A
IMPLEMENTAÇÃO DE UMA USINA DE TRIAGEM E RECICLAGEM**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Tecnologias e Inovações Ambientais, área de concentração em Gestão de Resíduos e Efluentes, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. André Geraldo Cornélio Ribeiro
Orientador

**LAVRAS - MG
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA,
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Reis, Julia Meleti.

Diagnóstico dos resíduos de construção e demolição coletados no município de Lavras - MG: um estudo para a implementação de uma usina de triagem e reciclagem / Julia Meleti Reis. – 2021.

82 p. : il.

Orientador: André Geraldo Cornélio Ribeiro.

Dissertação (Mestrado profissional) - Universidade Federal de Lavras, 2021.

Bibliografia.

1. Construção civil. 2. Impacto ambiental. 3. Reaproveitamento. I. Ribeiro, André Geraldo Cornélio. II. Título.

JULIA MELETI REIS

**DIAGNÓSTICO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO
COLETADOS NO MUNICÍPIO DE LAVRAS - MG: UM ESTUDO PARA A
IMPLEMENTAÇÃO DE UMA USINA DE TRIAGEM E RECICLAGEM**

**DIAGNOSIS OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE COLLECTED IN
THE MUNICIPALITY OF LAVRAS-MG: A STUDY FOR THE IMPLEMENTATION
OF A SCREENING AND RECYCLING POWER PLANT**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Tecnologias e Inovações Ambientais, área de concentração em Gestão de Resíduos e Efluentes, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 31 de março de 2021.

Profa. Dra. Camila Silva Franco
Profa. Dra. Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques
Prof. Dr. Ricardo Tayarol Marques

UFLA
UninCor
IF Sudeste MG/Campus
Barbacena-MG

Prof. Dr. André Geraldo Cornélio Ribeiro
Orientador

**LAVRAS - MG
2021**

À minha família, pelo apoio em todas as etapas da vida.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer, primeiramente, a Deus, pela vida e saúde que me deu. Agradecer aos meus pais, Elisa e Pedro, pela luta de cada dia e pelo apoio para a caminhada até aqui. Sem vocês nada disso seria possível. E aos meus irmãos, Lauro e Carolina, pelo incentivo e companheirismo. Vocês são a minha razão para continuar.

Destacar também a ajuda da minha avó Sirley que, mesmo de longe, se faz tão presente nos meus dias e sempre cuidou de mim.

Agradecer à Universidade Federal de Lavras (UFLA), a todos os seus funcionários e sua estrutura, pela oportunidade de cursar Engenharia Ambiental e Sanitária e depois me abrir portas para o Mestrado. Cresci, desenvolvi e me capacitei, nesta universidade, que tem tanto a acrescentar na vida de cada estudante.

Agradecer ao meu orientador Prof. Dr. André Geraldo Cornélio Ribeiro, pela disponibilidade em ouvir, disposição em ajudar e conhecimentos transferidos. Conseguimos chegar juntos até aqui.

Gostaria ainda de agradecer ao meu namorado, Lucas, pela ajuda, vivendo comigo cada vitória e dificuldade. E a Fernanda Capellari, minha companheira de projeto, de curso e de empresa júnior, que foi o meu braço direito na primeira etapa deste estudo.

*“Ama-se mais o que se conquista com esforço.”
(Benjamim Disraeli)*

RESUMO

O setor da construção civil se destaca como um dos mais importantes para a economia nacional, sendo responsável por grande parte da geração de empregos no país. Apesar de sua contribuição para a economia, é responsável por alguns impactos ambientais, como o expressivo volume de geração de resíduos do planeta, contribuindo com a poluição do solo e da água e a destruição de paisagens. Atualmente, os resíduos de construção e demolição (RCD) têm proporcionado dificuldades para seus geradores, havendo necessidade de um plano de gerenciamento claro e objetivo quanto à destinação final, conforme previsto na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), lei 12.305 de 2010. No município de Lavras – MG não há um modelo de gestão proposto para esse tipo de resíduo, resultando em um cenário de acúmulo de RCD a céu aberto, sem que sejam dispostos de forma adequada, contribuindo para o esgotamento dos recursos naturais e a degradação ambiental. Portanto, se faz necessário avaliar os resíduos gerados, focando, principalmente, em sua quantificação e qualificação. Com base nesse contexto, no presente trabalho, objetivou-se apresentar uma caracterização física dos RCD coletados, por empresas caçambeiras existentes, no município de Lavras-MG, a fim de avaliar a viabilidade de implantação de uma Usina de Triagem e Reciclagem (UTR). A metodologia baseou-se em quantificar, em diferentes períodos, o número de caçambas, e seus respectivos volumes, descartados por cada empresa na área de despejo autorizada pela prefeitura municipal, bem como qualificar os RCDs, por meio de três composições gravimétricas, separando os resíduos em suas respectivas Classes (A, B C ou D), de acordo com a resolução nº 307 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) de 2002. Os resultados apresentaram uma diferença significativa entre os volumes de resíduos gerados por cada empresa, o que demonstra a diferença entre o porte de cada empreendimento, que apresentam variáveis como oferta e demanda, investimentos e planejamento financeiro das empresas. As 6 empresas que chegaram à etapa final do processo, obtiveram os seguintes resultados: empresa A apresentou uma média, durante todo o estudo de 1.079,78 m³, a Empresa B de 399,91 m³, a Empresa C de 674,525 m³, a Empresa D de 605,09 m³ e a Empresa E de 480,54 m³. A empresa F participou apenas nos primeiros meses de estudo com 430,96 m³. A caracterização gravimétrica realizada nos meses de junho, agosto e outubro do ano de 2019, apresentou-se, em todas as análises, maior representatividade nos resíduos Classe A, pois 96,67% dos resíduos caracterizados apresentaram potencialidade para processos de reciclagem e/ou reaproveitamento. Dessa forma, pode-se concluir que o município apresenta grande potencial para implantação de uma Usina de Triagem e Reciclagem (UTR) que permitirá um melhor gerenciamento dos RCD, uma vez que, na usina, é realizada a identificação e triagem dos resíduos, o acondicionamento para reutilização e reciclagem, o transporte e a destinação, de acordo com cada classe. Porém, ressalta-se ainda a necessidade da elaboração de um Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos de Construção e Demolição, que identifique áreas de despejos clandestinos, contribuindo com a preservação ambiental e bem-estar e saúde da população.

Palavras-chave: Construção civil. Impacto ambiental. Reaproveitamento. UTR.

ABSTRACT

The civil construction sector stands out as one of the most important for the national economy. It is responsible for a large portion of job generation in the country. Despite its contribution to the economy, it is responsible for some environmental impacts, such as the significant volume of waste generation on the planet, contributing to soil and water pollution, and the destruction of landscapes. Currently, construction and demolition (C&D) waste has caused difficulties for its generators, requiring a clear and objective management plan regarding the final destination, as provided for in the National Policy for Solid Waste (PNRS in Portuguese), Law 12,305 of 2010. In the municipality of Lavras - MG, there is no proposed management model for this type of waste, resulting in the accumulation of C&D waste in the open, without proper disposal, contributing to the depletion of natural resources and environmental degradation. Therefore, it is necessary to evaluate the waste generated, focusing mainly on its quantification and qualification. In this context, the present work aims to present a physical characterization of the C&D waste collected by skip companies in the municipality of Lavras-MG to evaluate the feasibility of implementing a Sorting and Recycling Plant (SRP). The methodology was based on quantifying the number of skips and their respective volumes, and the C&D waste, discarded by each company in the dumping area authorized by the municipal government, in different periods, employing three gravimetric compositions, separating the waste in their respective Classes (A, B, C, or D), according to Resolution nº 307 of 2002 of the National Environment Council (CONAMA in Portuguese). The results showed a significant difference between the volumes of waste generated by each company, demonstrating the difference between the size of each project, which presents variables such as supply and demand, investments, and financial planning for the companies. The six companies that reached the final stage of the process obtained the averages of approximately 1,079.78 m³, 399.91 m³, 674.525 m³, 605.09 m³, and 480.54 m³, throughout the study, for Companies A, B, C, D, and E, respectively. Company F participated only in the first months of the study, presenting an average of 430.96 m³. The gravimetric characterization performed in June, August, and October of 2019 presented greater representativeness in Class A waste in all analyses since approximately 96.67% of the characterized waste had the potential for recycling or reuse. Thus, the municipality has great potential for implementing an SRP that will allow better management of the C&D waste since the waste undergoes identification and sorting, packaging for reuse and recycling, transportation, and disposal according to each class. However, there is still a need to elaborate a Municipal Construction and Demolition Waste Management Plan to identify illegal dumping areas, contributing to the population's environmental preservation, well-being, and health.

Keywords: Civil construction. Environmental impact. Reuse. SRP.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Alterações da CONAMA 307/02 ao passar dos anos.....	25
Figura 2 - Fluxograma do processo de reciclagem dos RCD.....	37
Figura 3 - Área do antigo lixão.....	41
Figura 4 - Fluxograma do preenchimento do formulário.	44
Figura 5 - Obtenção das medidas das caçambas.	45
Figura 6 - Mensuração das dimensões.....	46
Figura 7 - Caçamba 3m³: (a) medidas; (b) estimativa do volume acima do nível; (c) estimativa do volume abaixo do nível.	46
Figura 8 - Caçamba 4m³: (a) medidas; (b) estimativa do volume acima do nível; (c) estimativa do volume abaixo do nível.	47
Figura 9 - Caçamba 6m³: (a) medidas; (b) estimativa do volume acima do nível; (c) estimativa do volume abaixo do nível.	47
Figura 10 - Amostragem de pontos de retirada das amostras para o processo de quarteamento.....	49
Figura 11 - Diagrama do processo de quarteamento.	50
Figura 12 - Retroescavadeira utilizada no processo.	51
Figura 13 - Equipe responsável pela gravimetria realizada em junho de 2019.....	52
Figura 14 - Recipientes do tipo “bombonas” utilizadas no estudo.....	53
Figura 15 - Empresas que trabalham com resíduos de construção civil no município em Lavras.	54
Figura 16 - Transporte dos resíduos.	55
Figura 17 - Volume estimado, em m³, de RCD coletados pelas empresas, no primeiro de período de estudos.	58
Figura 18 - Valor total das quantificações, em m³, obtidas junto às Empresas A, B, C, D, E e F.....	59
Figura 19 - Volume estimado, em m³, de RCD coletados pelas empresas, no segundo período de estudos.	61
Figura 20 - Valor total das quantificações obtidas junto às Empresas A, B, C, D, e E.....	62
Figura 21 - Comparativo dos resíduos transportados e destinados das empresas A, B, C, D e F nos dois períodos estudados.....	63
Figura 22 - Fluxograma de descarte.	64
Figura 23 - Área de estudo do antigo lixão.	64

Figura 24 - Composição gravimétrica dos RCD (jun/2019).....	66
Figura 25 - Resultado da composição gravimétrica por classe de resíduo.....	67
Figura 26 - Composição gravimétrica dos RCD (agosto/2019).	69
Figura 27 - Resultado da composição gravimétrica por classe de resíduo.....	70
Figura 28 - Composição gravimétrica dos RCD (outubro2019).	72
Figura 29 - Resultado da composição gravimétrica por classe de resíduo.....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Agregados Reciclados.	34
Tabela 2 - Acondicionamento de resíduos conforme sua classificação.....	36
Tabela 3 - Normas pela ABNT (2004) para o processo de reciclagem de RCD.	38
Tabela 4 - Dados de quantificação das duas empresas A e B, no período de 18/03/2019 a 11/05/2019.	56
Tabela 5 - Dados de quantificação das empresas C e D, no período de 25/03/2019 a 18/05/2019.....	57
Tabela 6 - Dados de quantificação das empresas E e F, no período de 25/03/2019 a 18/05/2019.....	57
Tabela 7 - Dados de quantificação da empresa E, no período de 25/04/2019 a 18/05/2019.....	58
Tabela 8 - Dados de quantificação das duas empresas A e B, no período de 15/08/2019 a 10/10/2019.....	60
Tabela 9 - Dados de quantificação das duas empresas C e D, no período de 15/08/2019 a 10/10/2019.....	60
Tabela 10 - Dados de quantificação da empresa E, no período de 15/08/2019 a 10/10/2019.....	61
Tabela 11 - Valor total das quantificações obtidas junto às Empresas A, B, C, D, e E.....	62
Tabela 12 - Resultado da primeira caracterização gravimétrica dos RCD (junho 2019).	65
Tabela 13 - Resultado da segunda caracterização gravimétrica dos RCD (agosto 2019).....	68
Tabela 14 - Resultado da terceira caracterização gravimétrica dos RCD (outubro 2019).....	71
Tabela 15 - Valores de média e desvio padrão de massa e porcentagem para cada tipo de resíduo determinados pela caracterização gravimétrica do RCD nos meses de julho, agosto e outubro.....	72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classes do RCC e a sua destinação de acordo com a Resolução 307/2002 do CONAMA, alterada pelas Resoluções 348/2004, 431/2011 e 448/2012 (BRASIL, 2004, 2011, 2012).	21
Quadro 2 - Formulário para empresas cadastradas.....	42
Quadro 3 - Formulário para quantificação dos RCD.....	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS.....	16
2.1	Objetivo geral.....	16
2.2	Objetivos específicos	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
3.1	Resíduos Sólidos	17
3.2	Resíduos de construção e demolição (RCD)	18
3.3	Classificação dos resíduos de construção e demolição.....	21
3.4	Panorama mundial de RCD	22
3.5	Panorama Nacional de RCD	24
3.6	Legislação e normas	25
3.7	Legislação de RCD em Minas Gerais	26
3.8	Experiências com a gestão dos RCDs	29
3.9	Caracterização dos RCD	30
3.10	Formas de destinação dos RCD	31
3.11	Reciclagem dos RCD.....	33
3.12	Usina de triagem e reciclagem (UTR)	35
4	METODOLOGIA	40
4.1	Caracterização da área de estudo.....	40
4.2	Entrevistas com os empresários.....	41
4.3	Quantificação dos RCD em lavras.....	43
4.4	Definição dos volumes das caçambas	45
4.5	Determinação da área de depósito.....	48
4.6	Gravimetria dos RCD em Lavras.....	48
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
5.1	Empresas participantes	54
5.2	Estimativa de RCD em Lavras.....	56
5.3	Composição gravimétrica dos RCD	65
6	CONCLUSÃO	76
	REFERÊNCIAS	77

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil representa um importante papel na economia e desenvolvimento do país. A expansão dessa esfera econômica intensificou seu potencial poluidor, uma vez que contribui para a geração de um grande volume de resíduos sólidos que, normalmente são depositados sem as considerações com os impactos ambientais. Ademais, sua recuperação para reutilização contribui para a economia no consumo de água, energia e recursos naturais pelo processo produtivo.

Segundo a Pesquisa Anual da Indústria da Construção (PAIC) de 2017, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), a atividade de construção civil contribuiu com R\$280 bilhões em construções, obras e serviços da construção naquele ano. Desse total, 94,4% foram provenientes de obras e serviços civis, sendo o restante de incorporações de imóveis construídos por outras empresas, além disso, a atividade englobava, no final de 2017, 126,3 mil empresas ativas e 1,91 milhão de pessoas, o que confirma a importância desse setor para a economia do país (BRASIL, 2010).

Pela grande geração de resíduos e impacto ambiental, o correto gerenciamento desse processo está sendo cada vez mais importante, porém, existem empresas e pessoas que continuam realizando o descarte de seus resíduos, incorretamente, o que aliado à falta de fiscalização, por parte dos agentes públicos no Brasil, torna a situação ainda mais crítica (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE, 2017).

Quando o tema é resíduo de construção e demolição (RCD), este deve ser tratado com aprimorado conhecimento técnico, pois se trata de materiais que são, em sua maioria, matérias-primas para outros produtos, podendo também ser utilizados em outras etapas do processo construtivo.

A reciclagem tem se mostrado uma alternativa viável, a fim de reintroduzir esses resíduos no ciclo produtivo, fazer com que ganhem importância econômica e sejam utilizados como materiais alternativos, reduzindo custos, consumo de matérias-primas e gastos com energia, nesse setor, assim como outras formas de reaproveitamento e disposição final, que precisam ser consideradas como alternativas e formas de tratamento (VAZZOLER *et al.*, 2017).

O município de Lavras-MG não apresenta planejamento quanto ao gerenciamento dos RCD, pois, ainda não conta com nenhum programa efetivo para a destinação ambientalmente adequada desses resíduos. Não há forma de controle ou triagem dos RCD para uma possível

análise de reaproveitamento ou reciclagem. O resultado disso, é a disposição de forma desordenada a céu aberto, considerado “bota-fora”. Essa disposição inadequada provoca riscos ao meio ambiente e a saúde da população.

Para um projeto de uma Usina de Triagem e Reciclagem (UTR) de resíduos de construção e demolição, necessita-se de um estudo quali-quantitativa, para, então, definir que tipo de reciclagem pode ser proposta, além de permitir o dimensionamento da usina, definindo a logística, maquinários, mão-de-obra e estrutura física, auxiliando também, na elaboração do Plano de Gerenciamento de RCD.

Diante desse contexto, observa-se a necessidade de um estudo quantitativo e qualitativo dos resíduos de construção e demolição gerados em Lavras, a fim de avaliar a destinação atual dos RCD, bem como propor outros tipos de destinação, ambientalmente corretas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

No presente trabalho, objetivou-se caracterizar os resíduos de construção e demolição coletados por empresas caçambeiras existentes no município de Lavras-MG, avaliando a geração e composição gravimétrica e volumétrica dos resíduos.

2.2 Objetivos específicos

- a) Caracterização gravimétrica;
- b) Propor formas de reaproveitamento e reciclagem dos RCD;
- c) Percepção das empresas gerenciadoras de RCD acerca das legislações vigentes.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Resíduos Sólidos

O marco, nesse cenário, aconteceu por meio da aprovação da Lei 12.305 de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), e traz como definição de resíduos sólidos:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

Outra definição é, segundo a Norma Técnica Brasileira (NBR) 10.004, que define resíduo sólido como qualquer forma de matéria ou substância (no estado sólido ou semissólido, que resulte de atividades industriais, domésticos, hospitalares, comerciais, agrícolas, de serviços, de varrição e de outras atividades da comunidade) capaz de causar poluição ou contaminação ambiental (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2004).

Ainda, segundo essa norma, os resíduos podem ser classificados como: Perigosos (Classe I) e Não Perigosos (Classe II). Para serem classificados como Perigosos (Classe I), os resíduos devem apresentar, pelo menos, uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. Já, os resíduos que não apresentam nenhuma das características mencionadas, anteriormente, se enquadram como Não-Perigosos (Classe II), e podem apresentar propriedades como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água. A partir desses critérios, os resíduos podem ser classificados como: não inertes (Classe IIA) e inertes (Classe IIB).

Por meio dessa classificação, percebe-se a diversidade que os resíduos sólidos podem abordar e, por isso, a importância em estudá-los, para melhorar a coleta, tratamento e disposição final, de acordo com as necessidades de cada tipo, relacionando, além de tecnologia, os aspectos ambientais, sociais e econômicos (GUERRERO; MASS; HOGLAND, 2013).

A destinação inadequada dos resíduos agrava muito os problemas sociais, ambientais e de saúde pública. Eles acabam sendo depositados de maneira irregular em rios, logradouros e

vias públicas, comprometendo a qualidade de vida e do meio ambiente, contribuindo com a proliferação de vetores de doenças e com a degradação urbana (KARPINSK *et al.*, 2009).

A preocupação do manejo adequado de resíduos sólidos é cada vez mais alarmante entre os municípios, principalmente na área urbana onde a quantidade de resíduos produzidos é expressamente maior do que na zona rural, em razão do número populacional. Ferraz (2008) ressalta que a gestão de resíduos sólidos deve estar de acordo com os melhores princípios de saúde pública, engenharia, economia e preservação ambiental.

A PNRS traz os conceitos de redução na geração de resíduos, por meio de hábitos sustentáveis, coleta seletiva, reciclagem e reutilização daquilo que ainda pode ser reaproveitado, e descarte ambientalmente adequado daquilo que não se pode ser reutilizado, ou seja, rejeitos.

Além disso, a legislação trouxe a ideia de responsabilidade compartilhada, significando que todos os setores são responsáveis pelo ciclo de vida do produto, desde os fabricantes, distribuidores, comerciantes, até o consumidor final.

No Brasil, destacam-se a geração dos seguintes resíduos: sólidos urbanos, líquidos (efluentes), de construção civil, de serviço de saúde e os que fazem parte da logística reversa (agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, pilhas e baterias, pneus, óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens, lâmpadas, medicamentos e produtos eletroeletrônicos e seus componentes) (GUERRERO; MASS; HOGLAND, 2013).

Para que o impacto ambiental seja mitigado, cada tipo de resíduo requer um tratamento específico e uma correta destinação final.

A gestão ambiental é de suma importância e tem sido cobrada, cada vez mais, pelas legislações, entretanto, ainda assim, existem empresas e outros atores que prosseguem realizando o descarte e depósito de seus resíduos de maneira inadequada (SILVA *et al.*, 2006).

3.2 Resíduos de construção e demolição (RCD)

Em 2002, entrou em vigor a resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que estabelece critérios e diretrizes para procedimentos de gestão de resíduos da construção civil. E, em 2010, a lei nº 12.305, que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) instituindo a responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos (BRASIL, 2010).

Na Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que instituiu a PNRS, definem-se os instrumentos da política, a responsabilidade compartilhada, que responsabiliza toda pessoa física ou jurídica envolvida no processo de geração de algum resíduo sólido a destiná-lo corretamente. Por isso, tanto o gerador quanto o órgão público são responsáveis pela logística de descarte dos resíduos, devendo trabalhar em conjunto para fornecer a destinação final ambientalmente adequada.

A criação de legislações vigentes procura estabelecer soluções obrigatórias para a redução dos resíduos e, conseqüentemente, dos impactos ambientais. O controle das atividades desenvolvidas pelo setor da construção civil é de fundamental importância para a promoção de um desenvolvimento sustentável mais amplo do uso racional dos resíduos e seu descarte correto (BERNARDES *et al.*, 2008).

O Resíduo da Construção e Demolição (RCD) ou Resíduo da Construção Civil (RCC), segundo a Resolução CONAMA nº 307/2002:

São os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (BRASIL, 2002b).

Além de definir e exemplificar os RCD, a Resolução CONAMA nº 307/2002, traz pressupostos para o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), que apresenta como corresponsáveis por sua elaboração o Poder Público Municipal, os geradores e os transportadores desses resíduos.

Algumas exigências para a elaboração do plano são: conter as diretrizes técnicas e procedimentos para o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção e Demolição e para os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção e Demolição, o incentivo à reinserção dos resíduos reutilizáveis ou reciclados no ciclo produtivo, e o cadastramento de áreas, públicas ou privadas, aptas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes, em conformidade com o porte da área urbana municipal, possibilitando a destinação posterior dos resíduos oriundos de pequenos geradores às áreas de beneficiamento (SILVA *et al.*, 2006).

Em uma linguagem comum, os resíduos de construção civil são denominados de “entulho”. O entulho de construção é composto de restos e fragmentos de materiais. Já o de demolição é constituído somente por fragmentos (BIOMASSA, 2019).

Percebe-se que os RCD podem ser originados de diversas operações, tanto de construções, reformas, reparos e demolições quanto de atividades industriais como mineração, refino de materiais e transformação, além, também, de descartes do consumo por obsolescência e desgaste. Sua composição e características físicas variam, desde grãos de areia até blocos de concreto e suas dimensões são bem irregulares, que dependem de seu processo gerador.

O entulho, de uma forma geral, apresenta em sua composição muitos materiais como tijolo, rocha, areia e vidro, mas algumas obras podem gerar resíduos perigosos, por meio da presença de alguns elementos, como, por exemplo, o amianto.

Os RCD são, em quase sua totalidade, composta por materiais de características sólidas, os quais se enquadram, segundo NBR 10.004 de 2004, na classe II-B, em sua maioria, como inertes (ABNT, 2004a). Os resíduos inertes são quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10.007 (ABNT, 2004c), e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10.006 (ABNT, 2004b), não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor. Porém, apenas após ensaios laboratoriais pode-se dizer com propriedade a classificação inerte e não inerte do resíduo estudado.

Conforme disposto na Resolução CONAMA nº 307/2002, os geradores devem priorizar a redução na geração dos resíduos. Posteriormente, devem buscar reutilizá-lo, reciclá-lo e, somente por fim, dispô-los em aterros Classe IIA para disposição final.

Com isso, há uma necessidade de encontrar soluções eficientes para a gestão dos RCD e formas para descarte adequado, já que seu volume gerado é alto e os impactos ambientais são diversos e expressivos.

Porém, toda a sociedade precisa se mobilizar, desde o poder público, setor industrial da construção civil até a sociedade civil organizada, na elaboração de programas para mitigação desses impactos. As políticas ambientais devem se voltar para o adequado manuseio, redução, reutilização, reciclagem e disposição desses resíduos (CASSA; CARNEIRO; BRUM, 2001).

3.3 Classificação dos resíduos de construção e demolição

Segundo a Resolução CONAMA nº 307 atualizada (BRASIL, 2002b), tem-se uma classificação para esses resíduos: Resíduos Classe A, Resíduos Classe B, Resíduos Classe C e Resíduos Classe D.

Quadro 1 - Classes do RCC e a sua destinação de acordo com a Resolução 307/2002 do CONAMA, alterada pelas Resoluções 348/2004, 431/2011 e 448/2012 (BRASIL, 2004, 2011, 2012).

Classe dos RCD	Destinação por classe
Classe A – São comumente chamados de entulhos e devem ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de RCD. Podem ser compreendidos como: de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.	Sua destinação deve ser à reutilização ou à reciclagem na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros.
Classe B – São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso.	Sua destinação deve ser à reutilização ou à reciclagem na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros.
Classe C – Oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde, oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.	Sua destinação deve ser ao armazenamento, ao transporte e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
Classe D – Oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde, oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.	Sua destinação deve ser ao armazenamento, ao transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Fonte: Da autora (2021).

3.4 Panorama mundial de RCD

De acordo com Pinto (2009), os RCD foram usados na construção de mais de 175.000 edifícios na Alemanha pós-guerra, porém, foi somente depois de 1980, por causa da escassez de uma área especial para receber o RCD que começaram a surgir reciclagem, na Europa e nos Estados Unidos, como uma maneira de diminuir o despejo de resíduos. Com isso, passaram a ser consideradas e elaboradas várias políticas públicas que foram implementadas no intuito de resolver essa situação (MURAKAMI *et al.*, 2002).

Em 1999, o *International Council for Research and Innovation in Building and Constructions* – CIB desenvolveu a Agenda 21 para a Construção Sustentável onde foram sistematizadas várias recomendações para esse setor, que já vinham sido criadas, desde 1980, isso envolve as convenções de Montreal, em 1972, do Rio de Janeiro em 1992, de Kyoto em 1997 e de Johannesburgo em 2002.

Na Europa, o *Community European Committee* (CEC) determinou o RCD como um resíduo prioritário. Entre as mais importantes ações voltadas para a reciclagem do RCD estão: as taxas ambientais elevadas para RCD não segregados e resíduos, a proibição da disposição de RCD não segregado, obrigação da demolição seletiva, a proibição da utilização de amianto nos materiais de construção, a legalização do uso de britadores móveis e a criação de legislação para britadores estacionários (PUT, 2001).

Alguns princípios foram elaborados pela União Europeia (UE), em relação à gestão de resíduos como: o Princípio do poluidor-pagador onde os poluidores pagarão pelos danos ambientais provocados por eles, o Princípio da proximidade onde os resíduos precisam ser eliminados o mais perto possível dos locais de origem, o Princípio da precaução onde são previstos problemas potenciais e o Princípio da prevenção onde são minimizados e prevenidos a produção de resíduos (SANCHES, 2012).

Porém, o RCD total gerado na União Europeia, 22% de todo o resíduo produzido, somente 28% são reaproveitados, normalmente são usados em base ou sub-base de estrada. A Dinamarca, Holanda e Bélgica são os países que apresentam taxas elevadas de reciclagem, mostrando um índice de carga de 80% em cada um deles (ALGARVIO, 2019).

Em 2005, foi criado o projeto WAMBUCO – *Waste Manual for Building Construction*, constituído por pequenas e médias empresas e efetivado dentro do programa CRAFT, onde se buscou melhorar a gestão de RCD em edificações residenciais, por meio da qualificação e quantificação do resíduo produzido, onde é feita a identificação da relação dos materiais e tecnologias com a RCD.

As principais fases que são apresentadas no Manual WAMBUCO (WAMBUCO, 2005) determinam: o planejamento e a investigação básica que envolvem a análise das condições legais, das possibilidades de não produção, a eliminação, o manejo, a disposição dos RCD e a demolição seletiva; a definição de atribuições e a apresentação de propostas que envolvem contrato para fazer a disposição dos resíduos, a separação e investigação da economia; o gerenciamento dos resíduos que envolvem a determinação as informações aos trabalhadores, a determinação das responsabilidades pela eliminação, o armazenamento, a segregação, o transporte externo e interno e a disposição final dos RCD; e, por fim, a documentação necessária para a destinação final, que envolvem o relatório final e o balanço dos custos.

A Holanda produz em torno de 14 milhões de toneladas de RCD. Mais de 90% dos agregados que são reciclados são usados na construção de rodovias, principalmente por apresentar um valor bem menor que o material natural para essa finalidade (HENDRIKS; NIJKERK; VAN KOPPEN, 2010).

Na Dinamarca, o valor de RCD apresenta de 25 a 50% de todo o resíduo produzido no país (ALGARVIO, 2019). A reciclagem de RCD é uma pratica comum, nesse país, pois é impulsionada, em decorrência da baixa capacidade dos aterros sanitários.

Estima-se que, em Hong Kong, no Kuwait e no Reino Unido, a geração de resíduos da construção civil corresponde respectivamente a 38, 58 e 60%, enquanto, nos Estados Unidos essa estimativa fica entre 10 e 30% no total de resíduos no país (PACHECO; ESTRELLA; PASSANEZI, 2015).

De acordo com John e Agopyan (2010), nos Estados Unidos já havia uma política pública para resíduos, no final dos anos 1960. Já, no fim dá década de 90, existiam em torno de 3.500 unidades de reciclagem de RCD, fazendo a reciclagem de 25% do total desses resíduos (UNITED STATES, 2008).

A menor geração nos EUA pode ser explicada pelo reaproveitamento dos resíduos na própria obra e a atividade do setor de reciclagem, principalmente na fase de alvenaria.

Em várias cidades dos EUA como Nova Iorque, Los Angeles e Chicago, não existem legislações que obriguem a reciclagem de RCD, mas o setor de reciclagem é ativo nas cidades, principalmente em materiais como metais, concreto e alvenaria (JOHN; AGOPYAN, 2010).

Outros municípios dos Estados Unidos também incentivam a reciclagem, como é o caso de Oakland, Califórnia. Em San Jose, também na Califórnia, há exigência de taxas de reciclagem mínimas de 50%, e ainda há recuperação de 50 a 75 % do resíduo, dependendo da

especificação LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) (GEUS; MOURA; GARCIAS, 2019).

Na China, são produzidos 200 milhões de toneladas por ano, principalmente de concreto. Enquanto em Taiwan, 14 milhões de toneladas de RCD é gerada a cada ano (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

3.5 Panorama Nacional de RCD

A indústria da construção civil é a atividade humana com maior impacto sobre o meio ambiente. Para a produção tanto de cimento quanto de outros materiais de construção civil, essa indústria apresenta grande potencial para impactar, de forma negativa, o meio ambiente. Esses resíduos representam de 20 a 30% do fluxo de resíduos sólidos gerados pelas cidades dos países desenvolvidos, sendo que nos demais pode alcançar índices bem maiores. Como é o caso do Brasil, a representatividade do RCD apresenta entre 41 a 70% da massa total de resíduos sólidos urbanos (RSU) (BERNARDES *et al.*, 2008).

Pinto (1999) classificou a Gestão Diferenciada dos RCD em ações que objetivam: a reciclagem dos resíduos captados; a capacitação máxima dos resíduos produzidos, em redes de áreas de atração, separadas em pequenos e grandes geradores/coletores; a alteração de cultura e procedimento em relação à intensidade da geração; a correção da coleta e disposição das possibilidades do uso dos agregados reciclados.

Vale ressaltar que, mesmo que grande parte do RCD seja constituído de material inerte e passível de reaproveitamento, estão presentes alguns resíduos perigosos como chumbo, amianto, adesivos, tintas, alguns tipos de plásticos e embalagens contaminados com restos de materiais perigosos. Esses materiais precisam ser identificados, segregados e encaminhados para os aterros industriais (PINTO, 1999).

A partir dos anos 1990 e, especialmente, nos anos 2000, os RCD passíveis e inertes de reciclagem passaram a ser gerados, agregados e reciclados para a utilização em camadas de base, sub-base ou então em reforços de subleito de vias, fazendo a substituição dos materiais convencionais.

Em diversos estudos voltados para a reutilização dos agregados, observa-se uma procura para uso, como a aplicação dos agregados reciclados em: elementos de vedação, habitações no interesse social ou construção de baixo custo e, até mesmo, no uso para concreto estrutural.

No Brasil, a tarefa de quantificação desses resíduos é ainda mais difícil, diferentemente de outros países, pois uma importante fonte na geração de RCD são os geradores informais ou clandestinos, para os quais dados estatísticos estão indisponíveis e podem representar uma parcela importante dos RCD gerados em um município.

Em nosso país, ainda são encontradas maiores dificuldades, como o alto custo para triagem do RCD, falta de tecnologia para reciclagem do material, falta de apoio e conscientização dos geradores e limitado número de usinas pelo território nacional (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

O setor público se destaca pela falta de recursos financeiros e a inexistência de corpo técnico qualificado no quadro de funcionários para identificação de geradores e aplicação de ações mitigadoras aos impactos, além de monitoramento, que auxiliam e fortalecem a fiscalização (MIRANDA, 2005).

Entretanto, aspectos positivos também foram observados, como aumento do percentual de RCD reciclado, nos últimos onze anos, crescimento do mercado de tratamento de resíduos, previsão de aplicação para implementação de usinas de triagem e reciclagem (SILVA *et al.*, 2006).

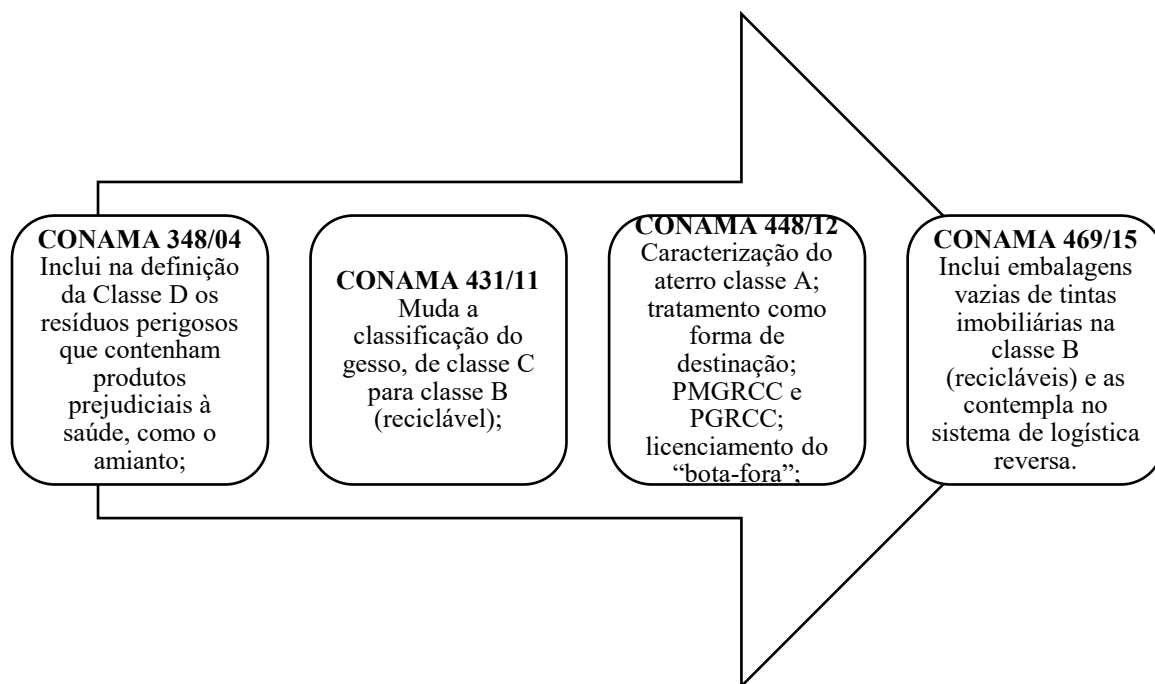
3.6 Legislação e normas

No Brasil, até o ano de 2002, não existiam políticas públicas para os resíduos gerados pelo setor da construção civil. Em 05 de julho de 2002, entrou em vigor a Resolução nº 307 do CONAMA, a qual estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, visando a proporcionar benefícios de ordem social, econômica e ambiental.

Em 16 de agosto de 2004, entrou em vigor a resolução nº 348 do CONAMA que altera o art. 3º, item IV, da Resolução nº 307. Considerando-se que os resíduos dessa natureza representam um significativo percentual dos resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas e que a disposição de resíduos da construção civil em locais inadequados contribui para a degradação da qualidade ambiental. A responsabilidade é compartilhada pela gestão e destinação ambientalmente correta de tais resíduos, buscando a efetiva redução dos impactos ambientais.

A Resolução CONAMA 307/02 sofreu as seguintes alterações:

Figura 1 - Alterações da CONAMA 307/02 ao passar dos anos.



Fonte: Da autora (2021), baseado em Brasil (2004, 2011, 2012, 2015).

A principal ação efetivada ainda é a Resolução nº 307 (BRASIL, 2002b), onde os geradores e municípios devem ser responsáveis pelos resíduos das atividades de construção, reforma, reparos e demolições. Para o gerador, deve ter como objetivo principal a não geração de resíduos e, posteriormente, se preocupar com a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final.

Já, para os municípios, há a exigência da elaboração e implementação, pelos geradores, do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), e após elaboração enviar para análise do órgão municipal. Para os empreendimentos que precisam de licenciamento ambiental, o projeto deverá ser analisado junto ao licenciamento e ao órgão ambiental.

3.7 Legislação de RCD em Minas Gerais

A Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) nº 155 de 2010 (MINAS GERAIS, 2010), referente ao estado de Minas Gerais, traz como critérios a inibição do descarte irregular dos resíduos de construção civil e dos resíduos volumosos em áreas públicas, corpos d’água, lotes vagos e outros locais inadequados.

Com isso, percebe-se o incentivo do estado às construções e destinações de áreas para a correta gestão ambiental desses resíduos. Além disso, traz em sua resolução definições de

resíduos de construção civil e resíduos volumosos, aterros de resíduos de construção civil para disposição de resíduos classe A, áreas de armazenamento temporário, áreas de triagem e transbordo (ATT), áreas de reciclagem e capacidade máxima de recebimento do empreendimento.

O art. 1º traz as seguintes definições:

III - Aterros de resíduos da construção civil: local devidamente preparado empregando-se técnicas para a disposição de resíduos classe "A" da construção civil, nos termos da classificação instituída pela Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, ou das que sucederem-na, visando à reservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro e/ou a futura utilização da área, adotando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente. IV - Áreas de armazenamento temporário: área que tenha como atividade fim o armazenamento de resíduos da construção civil e volumosos em local adequado, de forma controlada e sem risco à saúde pública e ao meio ambiente, com o intuito de viabilizar sua triagem, reutilização, reciclagem ou disposição final.

V - Áreas de triagem e transbordo - ATT: estabelecimento privado ou público destinado ao recebimento de resíduos da construção civil e volumosos, usado para triagem dos resíduos recebidos e posterior remoção para destinação adequada.

VI - Áreas de reciclagem: área onde ocorre o processo de transformação de um resíduo para fins de reaproveitamento (MINAS GERAIS, 2010).

A COPAM 155/2010, em seu art. 2º traz a dispensa de licenciamento ou autorização de funcionamento para áreas de aterros e de armazenamento temporário provenientes de movimentação interna de solo, dentro de um mesmo empreendimento ou atividade autorizados. No art. 3º, dispensa-se a recepção de solo com a finalidade de nivelamento da estrutura do terreno para a imediata ocupação por edificação ou outro uso urbano (MINAS GERAIS, 2010). Isso mostra o incentivo do estado a reutilização dos resíduos. No art. 4º fica incluído na listagem "E" da Deliberação Normativa COPAM nº 217, de 06 de dezembro de 2017, o item especificado a seguir:

Aterro e/ou área de reciclagem de resíduos classe "A" da construção civil, e/ou áreas de triagem e armazenamento temporário de resíduos da construção civil e volumosos.

Potencial poluidor/degradador: Ar: M; Água: P; Solo: P; Geral: P;

Porte: Capacidade de Recebimento = 200 m³/dia: Pequeno; 200 m³/dia (MINAS GERAIS, 2017).

Os empreendimentos, cuja atividade seja classificada como aterro, área de reciclagem de resíduos classe A, da construção civil, áreas de triagem, transbordo e armazenamento de resíduos da construção civil e volumosos (código E-03-09-3), devem providenciar a regularização ambiental junto à Superintendência Regional de Meio Ambiente (SUPRAM) responsável pelas atividades no estado de Minas Gerais.

Com o objetivo de orientar na gestão adequada de resíduos sólidos, a Fundação Estadual do Meio Ambiente (Feam), em parceria com a Fundação Israel Pinheiro – FIP, lançou em 2009, no âmbito do programa “Minas sem Lixões”, a publicação da cartilha intitulada “Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos de Construção Civil – PGIRCC”, documento que objetiva trazer uma contribuição aos municípios, sintetizando as ações necessárias para o estabelecimento da gestão integrada de resíduos da construção civil, contemplando os aspectos ambientais e econômicos. Na elaboração do plano, hoje denominado Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil, municípios e Distrito Federal devem atender ao disposto no artigo 6º da Resolução Conama nº 307/2002, incisos I a VIII, destacando as ações educativas e a proibição de deposição de resíduos da construção civil em áreas não licenciadas.

Além das atividades mencionadas, também é realizada a fiscalização de unidades de destinação de resíduos da construção civil. Um dos sistemas de fiscalização é por meio do Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR), onde a obrigatoriedade de registrar toda a movimentação desses produtos no sistema online permite maior controle dos resíduos gerados e/ou destinados em Minas Gerais.

Todo gerador de resíduo da construção civil a ser transportado em território mineiro deverá emitir o manifesto obrigatório, por meio do sistema online. O receptor, armazenador temporário ou destinador também deverá atestar no sistema o recebimento do resíduo. Sendo emitido em quatro vias, a primeira e quarta relacionada ao gerador, segunda via para o transportador e terceira para a empresa de destinação final (SCHNEIDER, 2005).

Não é exigido o MTR obrigatório aos resíduos da construção civil, gerados em obras de implantação de rodovias, ferrovias, dutos e tubulações para fins diversos, desde que as áreas de disposição tenham sido abrangidas pelo processo de licenciamento ambiental. Os resíduos da construção civil, classe A, gerados em obras de implantação de vias, quando destinados diretamente do local de geração para o local de reaproveitamento como base ou sub-base de pavimentação (PINTO; GONZÁLES, 2005).

Em Lavras – MG não há legislação municipal para o descarte de resíduos de construção civil, o que resulta em um enorme passivo ambiental em decorrência da disposição irregular de entulho, com risco para a saúde pública e degradação do meio ambiente.

A prioridade é erradicar os bota-foras no município, inclusive aqueles que atualmente possuem autorização, disponibilizando apenas uma área própria para o descarte desses materiais, por meio da construção de uma UTR na área do antigo lixão, na BR-265.

3.8 Experiências com a gestão dos RCDs

No Brasil, os estudos referentes aos RCDs abordaram como exemplo a cidade de Piracicaba – SP, onde o beneficiamento dos resíduos levou a utilização em reaterros de valas nos pavimentos asfálticos. Também traz um levantamento em Osasco – SP com análise do comportamento do concreto seco produzido, por meio de agregados de RCD, após britagem, e obtiveram resistências à compressão comparáveis àquelas dos concretos obtidos a partir de agregados naturais, sendo destacada a viabilidade da reciclagem do ponto de vista da aplicabilidade do produto (SANTOS, 2008).

Na cidade mineira de Belo Horizonte, Moraes e Pereira (2012) realizaram um estudo sobre o modelo de gestão de resíduos de construção. Alguns aspectos foram identificados como melhoria, destacando a necessidade de maior fiscalização nas construtoras, da conscientização da população e da adoção de novas ações e programas para a minimização dos resíduos.

No município de Pelotas - RS, observou-se a necessidade da implantação de um plano de gerenciamentos dos RCDs (TESSARO; SÁ; SCREIN, 2012). Na região de Salvador – BA, Azevedo, Kiperstok e Moraes (2006) identificou redução de 30% na geração dos resíduos, de acordo com a implementação de medidas de prevenção e aplicação de modelo simplificado para a quantificação dos RCDs.

Já, em Petrolina - PE, Santos (2008) constatou a falta de conhecimento das empresas prestadoras de serviços de coleta e transporte dos resíduos de construção e demolição. Com entendimento mediano sobre as legislações vigentes e não seguiam nenhum modelo para melhoria no gerenciamento e ainda realizavam destinação dos resíduos para locais inadequados.

De acordo com os estudos de casos explanados, cabe às empresas do setor de construção civil ter como objetivo principal não gerar resíduos, caso contrário, devem cuidar de sua reutilização, reciclagem e destinação final. Cada município tem a responsabilidade de

estabelecer ações e programas para que seja cumprida a legislação, inclusive, disponibilizar uma área própria para o depósito desses materiais.

3.9 Caracterização dos RCD

A análise gravimétrica, caracterização gravimétrica ou gravimetria é um método analítico qualitativo e quantitativo, cujo processo envolve a separação e a pesagem dos elementos a serem analisados no seu estado mais puro possível. Essa caracterização tem como objetivo identificar e quantificar as diferentes classes de resíduos descartados em um determinado local (LIMA; LIMA, 2012; OZORCO; FREDERICO, 2015).

Para realizar a caracterização, deve ser seguida a classificação oferecida pela Resolução CONAMA nº 307/2002, separando os resíduos em classe (A, B, C ou D).

A fase da caracterização é essencial para a identificação dos resíduos, pois interfere, diretamente, no dimensionamento da UTR e no planejamento das formas de redução, reutilização, reciclagem e a destinação final.

Segundo Oliveira, J. (2007), os RCD possuem características individuais, podendo variar em função do local em que foi gerado, da tecnologia aplicada na construção, das variantes referentes ao material aplicado, durante a obra e da mão de obra utilizada.

Com isso, os dados levantados na caracterização gravimétrica facilitam o processo de determinação da alternativa tecnológica mais apropriada para as fases de coleta, transporte, reaproveitamento, reciclagem e destinação final dos resíduos.

Existem diversos métodos os quais propõem análises qualitativas, a fim de chegar a um perfil de geração designado a cada estudo. Essas características podem variar, de acordo com a cultura, poder econômico, ramo de atividade ou potencial turístico de cada município.

Pode-se analisar, por exemplo, um projeto desenvolvido pelo município de Pelotas no Rio Grande do Sul, que utilizou o método através do volume das caçambas destinadas ao local de disposição final. A amostragem consistiu na seleção aleatória de 3 caçambas de 5 m³ de diversos geradores, e, então, foram coletadas 5 amostras de 18 litros cada por caçamba. E com esse total coletado, foi realizada a separação gravimétrica e classificação dos resíduos.

Em Petrolina localizada no estado de Pernambuco, foi executado o trabalho de forma visual, permitindo conhecer o volume de resíduos em caçambas com capacidade de 4 e 4,5 toneladas. Foram então, coletadas amostra de 300 kg em cada um dos 11 pontos estudados. Posteriormente, passaram pela separação do material, pesagem e classificação de acordo com legislação vigente.

Encontrou-se também o projeto de caracterização de resíduos de construção e demolição no município de Ji-Paraná em Rondônia. O levantamento foi baseado na origem das caçambas coletadas, sendo elas divididas entre obras novas, reforma/demolição, limpeza de terrenos e retirada de solo. Das cinco empresas coletoras do município, foi considerada apenas uma para identificar os serviços, pois ela conseguia abranger todo o escopo proposto. E, em seguida, fez-se a pesagem, determinando assim, a quantidade de cada material. Dessa maneira, o peso de cada componente foi dividido pelo peso total da amostra para se conhecer o percentual do componente em relação ao todo.

Pode-se observar que a caracterização gravimétrica é uma metodologia adequada utilizada para a análise de resíduos, e de importância considerável que resulta em dados confiáveis e eficientes para diversos fins, dentre eles a construção de uma central de reaproveitamento.

Conforme a NBR 10.007/2004, o método de quarteamento é:

Processo de divisão em quatro partes iguais de uma amostra pré-homogeneizada, sendo tomadas duas partes opostas entre si para constituir uma nova amostra e descartar as partes restantes. As partes não descartadas são misturadas totalmente e o processo de quarteamento é repetido até que se obtenha o volume desejado (ABNT, 2004c, p. 4).

Assim, é possível conhecer as características do resíduo de cada município, que pode variar de acordo com as regiões e, por diversos motivos, como poder aquisitivo da população, conscientização ambiental e até mesmo clima local.

3.10 Formas de destinação dos RCD

Geralmente, a maioria dos resíduos gerados nos canteiros de obras e de demolição é composta por restos de argamassas, tijolo, alvenaria, concreto, cerâmica, gesso, madeira e metais que são descartados em aterros sanitários e industriais, em razão da ausência de mercados para suas formas recicladas.

Nos resíduos de classe A, o maior obstáculo para reciclagem está no grau de pureza conseguido no processo de segregação. O uso bruto do entulho como material é, então, a maneira mais barata e primária. Os principais produtos reciclados são o pó de concreto, pedrisco e britas para a aplicação em pavimentação de estradas e estacionamentos, cobertura de estradas vicinais, passeios para ciclistas e pedestres, camadas de drenagem, entre outros (FREITAS *et al.*, 2018).

Tanto no Brasil como em outros países, o uso de RCD como agregado é maior no setor de pavimentação, pois suas exigências de qualidade como produto são menores do que para uso em concreto (HENDRIKS, 2000; INNER SIDNEY WASTE BOARD - ISWB, 2001; RILEM RECOMMENDATION, 1994).

Os subprodutos da indústria de rochas ornamentais e de resíduos de aço, ainda podem ser implementados como material de pavimentação, no asfalto, proporcionando maior rigidez e elasticidade ao resultado (COSME; TEIXEIRA; CALMON, 2016).

Ademais, os resíduos gerados no processamento de aço e minério de ferro podem ter outro papel dentro do setor da construção civil, servindo como matéria-prima secundária para a produção de tijolo maciço. O resultado é um tijolo mais resistente e com peso similar aos ecológicos, sendo um incentivo de aplicação, no Brasil, a fim de mitigar impactos com créditos de carbono e redução de gás carbônico (CO²) (FREITAS *et al.*, 2018).

Além das diversas formas de reaproveitamento desses resíduos para poupar a grande geração de materiais na construção civil, ainda pode-se dar um destino ambientalmente adequado para aqueles que não são privilegiados pelas técnicas estudadas.

Com o objetivo de proteção ao meio ambiente, a gestão correta dos RCDs traz benefícios sociais, com áreas adequadas de acondicionamento e reciclagem, pode-se evitar a proliferação de vetores causadores de doenças e mau cheiro, que poderiam atingir diretamente a população.

Existe também a destinação dos resíduos em tecnologia de coprocessamento, a qual utilizada da queima do material através de altas temperaturas em fornos de produção de cimento, em substituição da matéria prima e combustível no sistema para obtenção do clínquer.

Essa técnica pode contribuir para a preservação do meio ambiente e dos seus recursos naturais, dando uma destinação adequada para resíduos perigosos (PINTO, 2005).

Além das formas de destinação com reaproveitamento, reciclagem e coprocessamento, pode-se ainda dispor os resíduos em aterros licenciados. Em áreas de aterro para resíduos inertes.

No município de Lavras/MG, ainda não há técnicas implementadas de reciclagem ou reaproveitamento dos resíduos, após serem levados para a área de destinação final. Alguns fatores principais são responsáveis por esse cenário, tais como: a falta de equipamentos, estrutura e profissionais qualificados na área, falta de conscientização da população e equipe de obras para a segregação dos resíduos ainda no canteiro central e falta de investimento financeiro e monitoramento.

3.11 Reciclagem dos RCD

A gestão ambiental dos resíduos de construção e demolição é fundamental para o desenvolvimento sustentável (GUIMARÃES *et al.*, 2011). A reciclagem e reutilização dos RCDs são alternativas de mitigação dos impactos ambientais e minimização dos problemas gerados pelo descarte inadequado.

Essa técnica pode trazer diversos benefícios, como a redução no consumo de recursos naturais não renováveis, pois o produto volta para seu ciclo; redução de áreas para construção de aterro, em razão da diminuição do volume de resíduos para essa destinação; redução do consumo de energia e água, durante o processo produtivo e, conseqüentemente, diminuição da poluição (OLIVEIRA, J., 2007).

A reciclagem de RCD como estratégia de gerenciamento, além de trazer a diminuição dos custos de gerenciamento do resíduo, o custo do produto reciclado é bem menor que o agregado natural.

Os RCDs são procedentes de serviços de infraestrutura como terraplanagens, da execução de novas construções, demolições e reformas. Os resíduos gerados por esses processos estão entre tijolos, blocos cerâmicos, concreto, solos, rochas, metais, solvente, colas, tintas, madeiras, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações (PVC), entre outros. A geração desses resíduos está ligada aos procedimentos escolhidos para execução das obras, incluindo o monitoramento e controle das atividades (FAGUNDES, 2009).

O processo de reciclagem de resíduos deve iniciar-se no canteiro de obras, com a retirada e recolhimento do material, por etapas e separação, de acordo com as classes, podendo ser depositados em caçambas ou bombonas identificadas para cada tipo de resíduos.

Além das caçambas em obras para coletar maior volume de resíduos, ainda podem ser distribuídos ecopontos, na cidade, para o recebimento e atendimento para a população e armazenamento de resíduos de menor volume, para garantir quantidades economicamente viáveis de transporte do material para a área adequada (OLIVEIRA, J., 2007).

Segundo a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição – ABRECON, há diversos subprodutos e beneficiamentos da reciclagem de RCD, como: blocos de concreto para vedação, cascalho para pavimentação de ruas, contrapiso e material para drenagens, contenção de encostas, banco e mesas para praças, guia e tampas para bueiros, tubo para esgotamento, entre outros.

A reciclagem de concreto e pedra, por exemplo, gera diferentes formas de agregados, que podem ser utilizados para diversos fins na própria linha de construção civil. Como, por exemplo, composição asfáltica.

Os materiais produzidos pelas usinas brasileiras são os agregados peneirados, provenientes da fase cinza e classificados em faixas granulométricas, chamados de areia, pedrisco, brita 1, brita 2, brita 3, brita 4 e rachão, e os agregados não peneirados, provenientes da fase vermelha do RCD e chamados de bica corrida (CUNHA, 2007). Na Tabela 1, estão representados os tipos de agregados reciclados encontrados no mercado, com as suas respectivas dimensões, matérias-primas e aplicações.

Tabela 1 - Agregados Reciclados.

Agregado reciclado	Dimensões	Matéria-prima	Aplicação
Areia	4,8 mm	RCD Cinza	Argamassa de assentamento de vedação, contrapisos, solo-cimento, blocos, tijolo de vedação.
Pedrisco	6,3 mm	RCD Cinza	Artefatos de concreto, como blocos de vedação, pisos intertravados, manilhas de esgoto.
Brita	39 mm	RCD Cinza	Concretos não estruturais e obras de drenagens.
Brita corrida	63 mm	RCD Vermelho	Obras de base e sub-base de pavimentos, reforço e subleito de pavimentos, regularização de vias não pavimentadas, aterros e acerto topográfico de terrenos.
Rachão	150 mm	RCD Cinza	Obras de pavimentação, drenagens e terraplanagem.

Fonte: Cunha (2007).

O agregado reciclado produzido pode ser utilizado como base de pavimentação, porém, para essa logística ser implementada, são necessárias condições de infraestrutura urbana, regulamentação legal, por meio do poder público, responsabilidade social dos geradores, incentivo ao consumo de produtos reciclados, conscientização da sociedade e das empresas de coleta envolvidas.

Brasileiro e Matos (2015) trazem como primeiro passo para o adequado gerenciamento e destinação dos resíduos de construção e demolição é o estudo e obtenção do diagnóstico de geração local. Ressaltaram ainda que, com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, espera-se que cada estado da federação adote medidas de reciclagem de RCD, desde a implantação de usinas de triagem e reciclagem para a produção de agregados reciclados até a implantação de medidas que garantam a sua utilização.

De acordo com Cassa, Carneiro e Brum (2001), a reciclagem secundária, que corresponde àquela realizada fora da fonte de geração, permite beneficiar uma quantidade maior de entulhos, desde que com a prévia e adequada separação na fonte de geração. Na etapa de separação, Piovezan (2007) destacou que falhas humanas podem influenciar diretamente na qualidade dos produtos do beneficiamento de RCDs.

De acordo com Marques, Oliveira e Picanço (2013), para os resíduos de Classe B, alguns materiais já dispõem de uma ampla cadeia de reciclagem (papelão, vidro, papel), podendo ser encaminhados para venda ou doados para associações de catadores para posterior reutilização.

Em relação ao processo de reciclagem, quase todas as usinas brasileiras são bem semelhantes. São compostas dos seguintes equipamentos: pá carregadeira ou retroescavadeira, alimentador vibratório, transportadores de correia, britador de mandíbula ou impacto, separador magnético permanente ou eletroímã, e peneira vibratória. Nenhuma apresenta uma rotina de controle de qualidade dos agregados produzidos.

3.12 Usina de triagem e reciclagem (UTR)

A instalação de uma central para triagem, armazenamento e reciclagem dos RCD resulta na solução de diversos problemas ambientais, sociais e econômicos para o município. Mitigando impactos da disposição inadequada dos resíduos, que acarretam acúmulo de vetores e transmissores de doenças, enchentes em épocas de chuvas e assoreamento de rios e córregos. Além disso, a poluição da paisagem urbana gera desvalorização das propriedades, causando atraso no desenvolvimento local (MANFRINATO; ESGUÍCERO; MARTIS, 2008).

Uma Usina de Triagem e Reciclagem (UTR) proporciona uma integração do desenvolvimento econômico com a sustentabilidade, gerando empregos e renda. Ainda contribui com a redução da extração de matéria-prima de reservas naturais, pois desenvolve a reciclagem dos materiais e a reintrodução deles no ciclo produtivo, além de aumentar a área útil do local de descarte dos resíduos (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

A reciclagem de RCD refere-se ao “processo de transformação de resíduos da construção civil que envolve a alteração das propriedades físicas ou físico-químicas dos mesmos, tornando-os insumos destinados a processos produtivos” (MOREIRA; CUNHA; NELSON, 2008, p. 9).

De acordo com a NBR 15.114 (ABNT, 2004d), a UTR é um espaço físico que possui equipamentos necessários e adequados para a reciclagem dos resíduos sólidos de construção

Classe A. A área deve ser subdividida em pátios para recebimento, estocagem, manuseio, triagem e armazenamento dos materiais produzidos, além disso, deve possuir locais para manobra de veículos e para a administração.

Para a estrutura básica da usina é recomendado que a área da unidade seja isolada com cerca de arame farpado ou por meio de alambrado com telas de arame galvanizado conforme necessidades locais. Também, construção de uma guarita pequena de 4 m², para o controle de entrada de pessoas e resíduos, além de realizar a cobrança do material que chega, podendo ser definido o valor por m³ da caçamba. Assim, não se faz necessária a implementação de balança rodoviária, no local, para saber o peso em toneladas, diminuindo custos e mão de obra para esse serviço em específico (MOREIRA; CUNHA; NELSON, 2008).

A instalação e operação da usina requerem um planejamento que atenda a todos os requisitos para seu funcionamento, sendo eles: infraestrutura administrativa e operacional, equipamentos, maquinários e mão de obra.

Os resíduos, após entrarem na UTR, deverão ser separados por baias, as quais têm como finalidade o armazenamento provisório dos materiais retirados do entulho, tais como: madeira, plástico, metais, matéria orgânica e outras impurezas enquanto não são comercializados ou levados para outros locais (aterro sanitário ou áreas de maior capacidade de estocagem).

O acondicionamento dos resíduos é realizado conforme cada tipo de acordo com a definição exposta na Tabela 2.

Tabela 2 - Acondicionamento de resíduos conforme sua classificação.

(Continua)

Resíduos	Acondicionamento
Concreto, cerâmica, argamassas e tijolos	Caçambas estacionárias
Madeira	Baias sinalizadas ou caçambas estacionárias
Plásticos	Bags sinalizados
Papelão/Papel	Bags ou fardos
Metal	Baias sinalizadas
Serragem	Baias para acúmulo dos sacos ou bags contendo o resíduo
Solos	Caçambas estacionárias

Tabela 2 - Acondicionamento de resíduos conforme sua classificação.

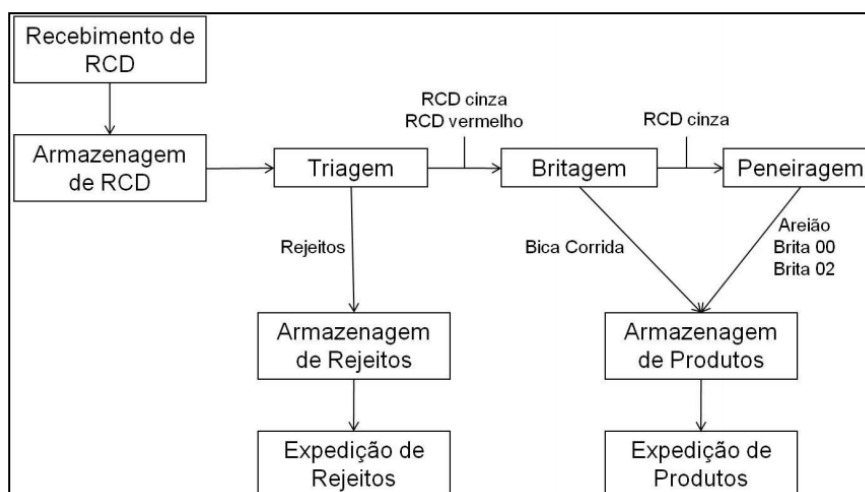
(Conclusão)

Resíduos	Acondicionamento
Isopor	Baias para acúmulo dos sacos ou bags contendo o resíduo
Resíduos perigosos de embalagens	Em baias sinalizadas e para uso restrito de pessoas com equipamento de proteção individual
Diversos sem contaminação por produtos químicos	Bags

Fonte: Adaptado de Pinto e Gonzáles (2005).

Para um melhor planejamento, deve ser levado em consideração um processo de reciclagem (FIGURA 2):

Figura 2 - Fluxograma do processo de reciclagem dos RCD.



Fonte: Campagna, Neumann e Danilevicz (2012).

A partir da triagem, haverá a separação dos rejeitos, que deverão ser destinados ao local de transbordo e depois levados para a destinação final em aterro industrial ou tecnologia de coprocessamento, de acordo com o poder calorífico e demais características de cada material. Para Blumenschein (2007), os RCC de Classe A e B são os resíduos que possuem maior possibilidade de serem inseridos no processo de reciclagem. Novaes e Mourão (2018) apresentam aplicações de reciclagem desses resíduos:

- Materiais cerâmicos (tijolos, telhas e pisos) e cimentícios (argamassas e concreto), os quais podem ser triturados e reaproveitados como agregado não estrutural;

- b) Madeiras (formas, restos de carpintaria ou marcenaria) podem ser empregues para a produção de chapas de madeira aglomerada, alimentação de fornos e caldeiras e ser encaminhadas para indústrias de processamento de madeiras;
- c) Plásticos (embalagens e tubulações) - encaminhar para indústrias especializadas em reciclagem de plástico;
- d) Metais (tubulações, esquadrias e ferramentas) - encaminhados como sucata para depósito de ferro-velho e siderúrgicas.

Uma forma de auxiliar as empresas a triturar os resíduos e reaproveitá-los na forma de agregado não estrutural é da utilização de equipamentos de trituração de resíduos da construção civil nos canteiros de obras. São específicos para reciclagem de resíduos da Classe A, obtendo agregados miúdos (areia reciclada) e grãos (brita reciclada) (GASTALDINI, 2015).

Os requisitos legais a serem considerados para a construção da Usina de Triagem e Reciclagem, são dados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que possui Normas Regulamentadoras que definem critérios (TABELA 3), definições e classificações a serem seguidas no processo de reciclagem dos RCD.

Tabela 3 - Normas pela ABNT (2004) para o processo de reciclagem de RCD.

(Continua)

Normas	Títulos	Diretriz Central
NBR 15.112	Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – ATT. Diretrizes para o projeto, implantação e operação.	Triagem de todos os resíduos (A, B, C e D). Define procedimentos para o manejo na triagem dos resíduos das diversas classes, inclusive quanto a proteção ambiental e controles diversos. Define também os Pontos de Entrega Voluntária (PEVs)
NBR 15.113	Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros. Diretrizes para o projeto, implantação e operação.	Os empreendimentos devem permitir a utilidade das áreas conformadas ou o uso futuro dos resíduos reservados. Define procedimento para o preparo da área e disposição dos resíduos classe A, proteção das águas e proteção ambiental, planos de controle e monitoramento.

Tabela 3 - Normas pela ABNT (2004) para o processo de reciclagem de RCD.

(Conclusão)

NBR 15.114	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem. Diretrizes para o projeto, implantação e operação.	Controle de emissões no processo e da qualidade dos produtos. Estabelece procedimentos para o isolamento da área e para o recebimento, triagem e processamento dos resíduos classe A.
NBR 15.115	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação. – Procedimentos.	Permite o uso em todas as camadas dos pavimentos. Define as características dos agregados e as condições para o uso e controle na execução de reforço de subleito, sub-base, base e revestimento primário (cascalho).
NBR 15.116	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural. – Requisitos.	Permite o uso em concreto massa e artefatos até 15 MPA. Define condições de produção, requisitos para agregados para uso em pavimentação e em concreto, e o controle da qualidade do agregado reciclado.

Fonte: Brasil (2018).

Essas estações de reciclagem processam os resíduos de Classe A, por meio de equipamentos de britagem, transformando-os em areia reciclada, brita 0, brita 1, rachão e bica corrida. Posteriormente, os mesmos são comercializados com o custo mais baixo e podem ser empregados na fabricação de artefatos de concreto sem fins estruturais, como blocos de vedação, pisos intertravados e meio fio, ou para serviços de pavimentação, na construção de bases, sub-bases, preenchimento de valas e regularização de vias não pavimentadas (MOREIRA; CUNHA; NELSON, 2008).

Pode-se observar a usina de triagem em São Carlos, no estado de São Paulo. Sua capacidade de produção é da ordem de 20 t/hora, totalizando 160 t/dia. O resultado é a obtenção de agregados do tipo bica corrida, areia grossa, pedrisco, pedra nº 1 e pedregulho (PROHAB, 2013). A implantação da usina acarretou a redução dos custos unitários de certos produtos (blocos, piso de concreto, sub-base para pavimentação etc.) além de benefícios do ponto de vista ambiental e social.

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização da área de estudo

O município de Lavras está localizado na Mesorregião do Campos das Vertentes de Minas Gerais, posicionado nas coordenadas geográficas 21° 13' 45" de latitude sul, 44° 58' 31" de longitude oeste e a uma altitude média de 918 m. Com a população estimada em 104.783 habitantes, o município possui 564,744 km² e densidade populacional de 163,26 hab/km² (IBGE, 2010). Fundada em 1831, o município tem sua economia, basicamente, no setor agropecuário, a indústria se encontra em constante desenvolvimento, graças às condições favoráveis que a cidade se encontra, sendo próxima a São Paulo, Belo Horizonte e Rio de Janeiro.

Atualmente, os resíduos de construção e demolição são depositados na área do antigo vazadouro a céu aberto ("lixão"), na BR-265 a 11 km de Lavras, o qual foi desativado. Com a finalidade de estabelecer ações e procedimentos necessários à recuperação dessa área e mitigar os efeitos deletérios do encerramento e remediação do antigo lixão, foi realizado um Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) em 2020 pelas seguintes entidades (LAVRAS, 2020):

- a) Conselho Municipal de Defesa e Conservação do Meio Ambiente – CODEMA;
- b) Consórcio Regional de Saneamento Básico – CONSANE;
- c) Secretaria Municipal de Meio Ambiente – SMMA;
- d) Universidade Federal de Lavras – UFLA.

Ainda segundo o documento, a parcela que foi destinada a receber os resíduos de construção e demolição tem uma área total de 5 ha e com o objetivo de armazenar materiais segregados, possibilitando seu uso futuro.

No município, existem 17 empresas caçambeiras cadastradas na prefeitura que realizam o serviço de coleta, armazenamento e transporte dos resíduos provenientes de obras civis na cidade até o local de descarte. Algumas dessas empresas possuem a sua própria área licenciada como destino dos resíduos, porém há empresas sem autorização de destino pela Secretaria do Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Lavras – MG, que descartam na área autorizada do antigo lixão.

A área do antigo lixão do município de Lavras, está localizada na comunidade Itirapuã com coordenadas geográficas $21^{\circ} 27' 50.64''$ S e $44^{\circ} 92' 27.63''$ (FIGURA 3). Possui uma extensão de 22,4 ha, dista, 11 km da zona central de Lavras, 200 m da rodovia BR 265, sentido Lavras-Itumirim. Com relação às exigências da DN COPAM 118/2008 (MINAS GERAIS, 2008) e da Resolução CONAMA nº 302/2002 (BRASIL, 2002a).

Figura 3 - Área do antigo lixão.



Fonte: Google Earth (2021).

Na Figura 3, pode-se observar que o perímetro da área em questão encontra-se próximo a árvores e matas fechadas que, muito provavelmente, se enquadra como reserva legal e Área de Preservação Permanente (APP). Ainda é possível analisar que o local está degradado e precisa ser remediado, para que não continue contaminando a área em torno e comprometendo o meio ambiente.

4.2 Entrevistas com os empresários

O primeiro passo para alcançar o objetivo do presente trabalho foi a realização de reuniões com as empresas de caçambas estacionárias cadastradas na Secretaria do Meio Ambiente de Lavras-MG, que se apresentaram de forma voluntária para a entrevista. As reuniões foram realizadas nos dias 11/12/2018 e 13/02/2019 na sala da secretaria, agendadas por meio da emissão de um ofício.

Foi realizada uma pesquisa quali-quantitativa, por meio da aplicação de um formulário para conhecer as empresas e suas intenções quanto aos principais resíduos que elas transportam, se possuem áreas de transbordo ou descarte, além do nível de interesse, conhecimento e apoio sobre a legislação vigente do correto descarte dos resíduos de construção e demolição.

Após as participações às reuniões, as empresas se voluntariaram a contribuir e participar do presente estudo, no qual foram nomeadas como: A, B, C, D, E, F, G, H, I. Para o levantamento de dados gerais, foi realizada uma entrevista em cada empresa para preenchimento do questionário ilustrado no Quadro 2.

Quadro 2 - Formulário para empresas cadastradas.

(Continua)

Questionário Resíduos de Construção Demolição (RCD)
Nome do entrevistado:
Nome da empresa:
Contato:
1) Qual o porte da empresa? (De acordo com o alvará de funcionamento)
Pequeno () Médio () Grande ()
2) Qual o número de caçambas disponíveis?
Resposta:
3) Qual o tamanho de cada caçamba? (Volume)
Resposta:
4) Como funciona a contratação dos serviços?
Telefone () E-mail () Presencial () Outro:
5) Qual a frequência dos serviços?
Diário () Semanal () Quinzenal () Mensal ()
6) Qual a disposição final dos resíduos?
Lixão de Lavras () Outro:
7) Como é feito o transporte dos resíduos?
Resposta:

Quadro 2 - Formulário para empresas cadastradas.

(Conclusão)

Questionário Resíduos de Construção Demolição (RCD)
8) Qual tipo de veículo utilizado para o transporte dos resíduos?
Resposta:
9) Quantas vezes por dia o transporte é feito?
Resposta:
10) O Sr. saberia informar qual classe de resíduos normalmente armazena e transporta? (Citar as classes) Classe A () Classe B () Classe C () Classe D ()
11) Há alguma área de transbordo para o acondicionamento antes do Lixão?
Sim () Não ()
12) Sabe que esses resíduos precisam de destinação ambientalmente adequada?
Sim () Não ()
13) O Sr conhece a Lei CONAMA nº 307/2002 que trata dos Resíduos de Construção Civil (RCC)? (Mostrar a lei)
Sim () Não ()
14) Apoiaria a criação do Plano de Gestão de Resíduos da Construção e Demolição para o descarte e tratamento correto?
Sim () Não ()

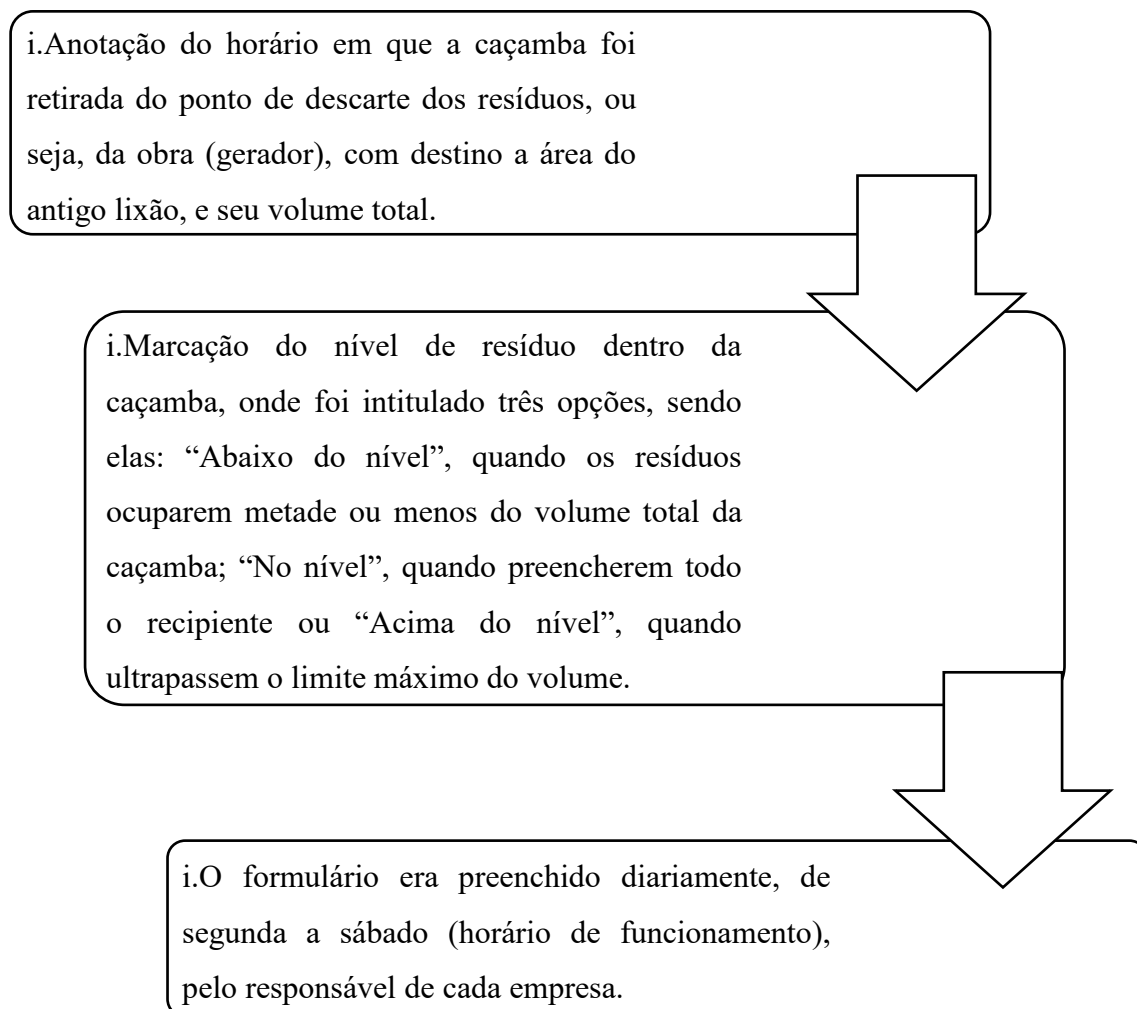
Fonte: Da autora (2021).

4.3 Quantificação dos RCD em lavras

Após a coleta das informações gerais de cada empresa, elaborou-se um segundo formulário para preenchimento diário do transporte dos resíduos de construção e demolição, de acordo com a demanda dos geradores. O formulário foi preenchido pelas empresas, durante 16 semanas em 2019, sendo oito semanas de preenchimento no primeiro semestre e oito semanas no segundo semestre, de forma a abranger um maior espaço-tempo dentro de um mesmo ano, coletando suas particularidades.

O preenchimento do formulário (QUADRO 2) seguiu a seguinte dinâmica:

Figura 4 - Fluxograma do preenchimento do formulário.



Fonte: Da autora (2021).

Vale ressaltar que o preenchimento dos formulários e, consequentemente, as informações sobre a quantidade de RCDs coletados, foi de responsabilidade das empresas, visto a impossibilidade do acompanhamento diário na área de descarte pela falta de guarita ou qualquer estrutura (balança industrial) que auxilie no processo.

Os formulários devidamente preenchidos foram recolhidos a cada semana, sempre nas segundas-feiras, para a computação dos dados e estimativa do volume de resíduos de construção e demolição coletados pelas empresas, como está apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 - Formulário para quantificação dos RCD.

Nome da empresa				
Responsável:				
Data:			Contato:	
Horário	Volume da caçamba (m³)	Caçamba pela metade (abaixo do nível)	Caçamba cheia (no nível)	Caçamba muito cheia (acima do nível)
				

Fonte: Da autora (2021).

4.4 Definição dos volumes das caçambas

As empresas utilizam três volumes diferentes de caçambas: 3 m³, 4 m³ e 6 m³. Para estimar o volume total de resíduos nas caçambas utilizou-se o software AutoCAD Civil 3D, da Autodesk, licença gratuita para estudantes, uma vez que os níveis de RCDs (abaixo do nível, no nível e acima do nível) foram determinados, visualmente, pelos operários responsáveis pelo preenchimento dos formulários, conforme é mostrado na Figura 5 e 6.

Com o uso de uma trena foram determinadas as dimensões de cada modelo de caçamba, para utilizá-las no software e assim, estimar o volume preciso em cada um dos níveis.

Figura 5 - Obtenção das medidas das caçambas.



Fonte: Da autora (2021).

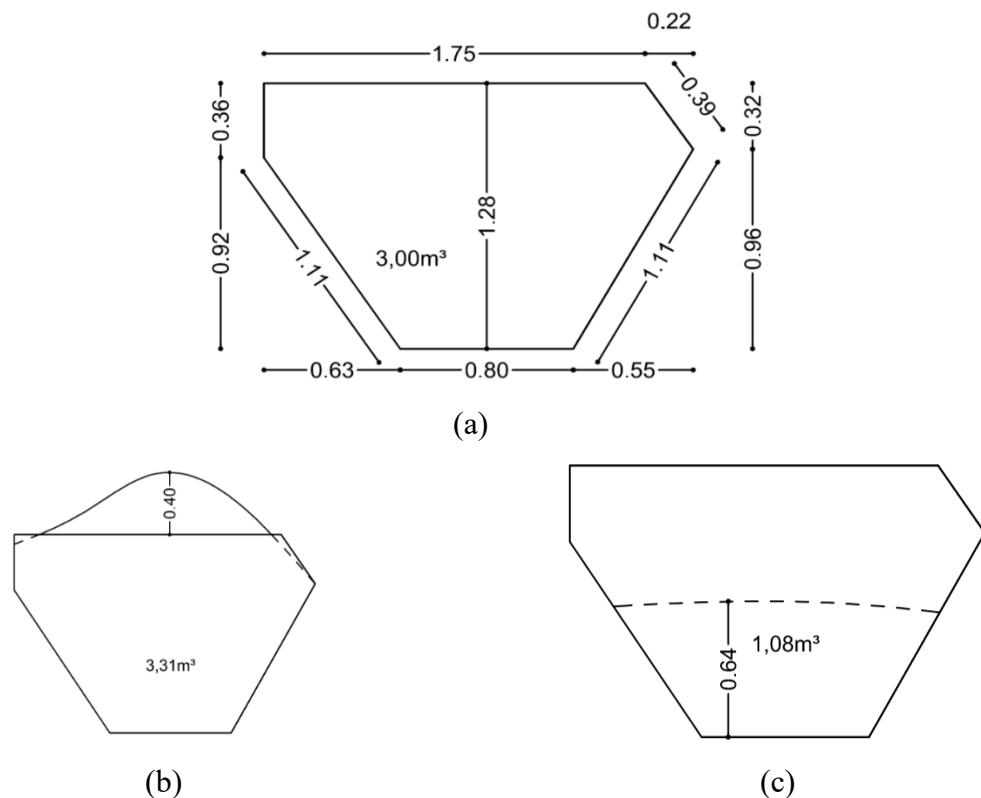
Figura 6 - Mensuração das dimensões.



Fonte: Da autora (2021).

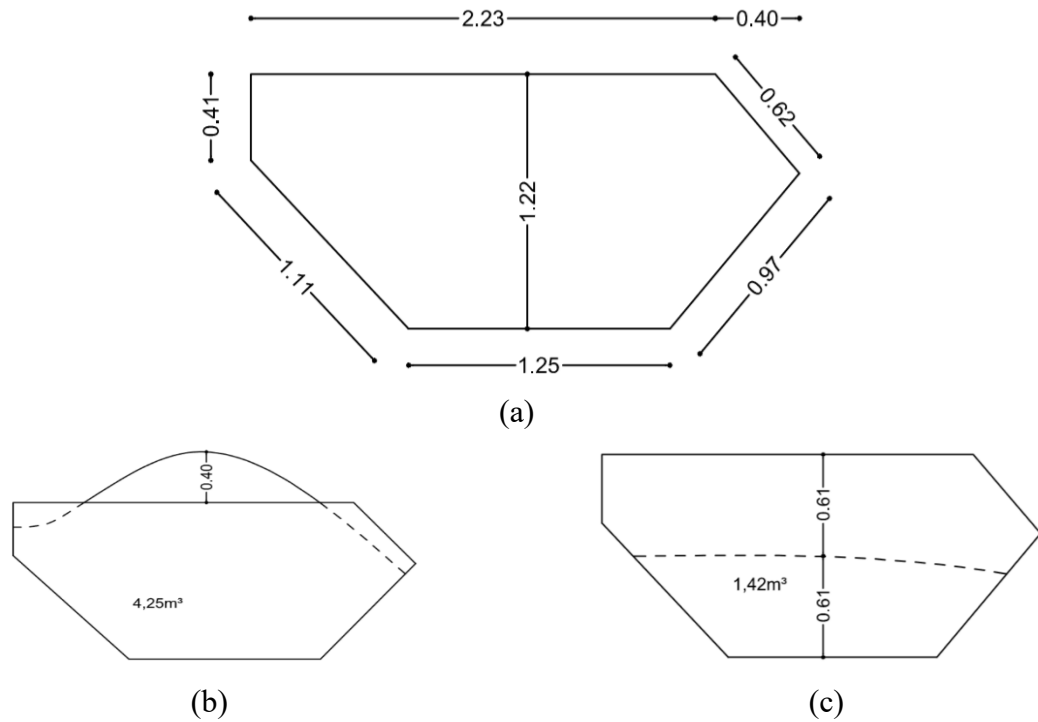
Nas Figuras 7, 8 e 9, ilustram-se as medidas e volumes estimados para as situações “acima do nível” e “abaixo do nível” das caçambas de 3, 4 e 6 m³. Em todos os cálculos do item “acima do nível”, considerou-se um montante estimado de resíduo, ultrapassando o limite da caçamba em 0,40 cm por meio de observações e medidas de campo.

Figura 7 - Caçamba 3m³: (a) medidas; (b) estimativa do volume acima do nível; (c) estimativa do volume abaixo do nível.



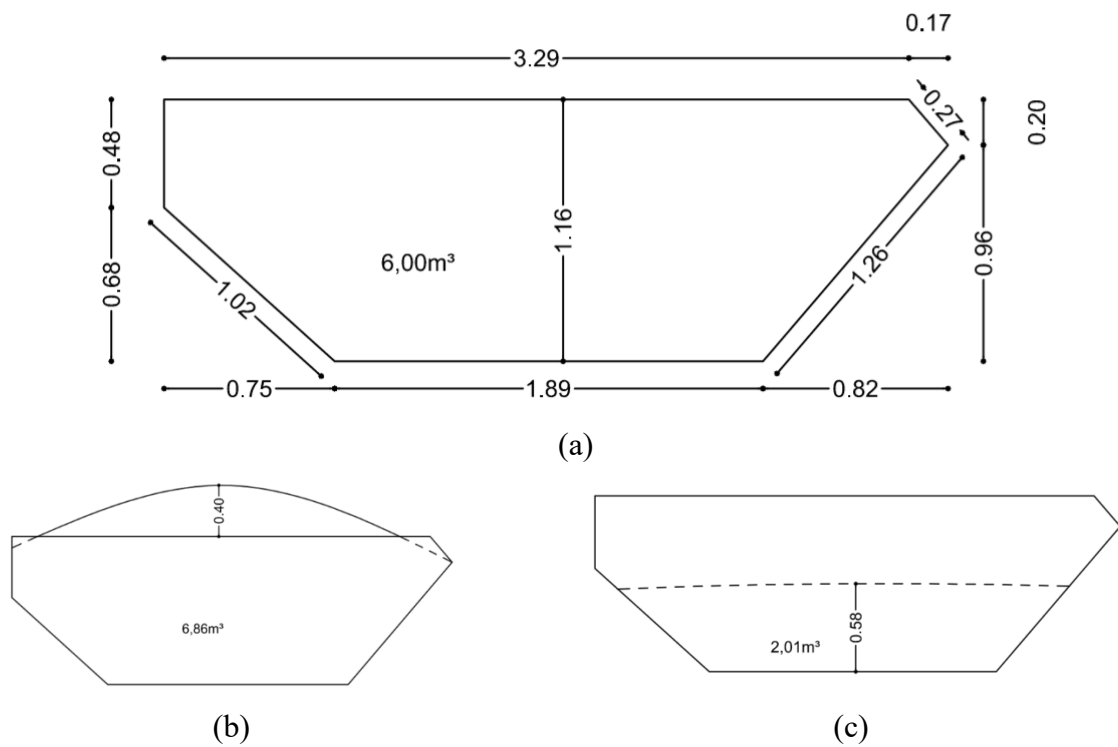
Fonte: Da autora (2021).

Figura 8 - Caçamba 4m³: (a) medidas; (b) estimativa do volume acima do nível; (c) estimativa do volume abaixo do nível.



Fonte: Da autora (2021).

Figura 9 - Caçamba 6m³: (a) medidas; (b) estimativa do volume acima do nível; (c) estimativa do volume abaixo do nível.



Fonte: Da autora (2021).

4.5 Determinação da área de depósito

Após a estimativa da quantidade de resíduos gerados, foi determinada uma área de depósito para a realização das composições gravimétricas dos RCDs descartados pelas empresas participantes.

Para a determinação dessa área, usou-se a Equação 1, referente ao volume de um cone, em razão da semelhança com o formato da pilha de resíduos.

$$V = \frac{A_b \times h}{2} \quad (1)$$

Onde:

V = Volume (m³);

A_b = Área da base (m²);

h = Altura (m).

Objetivou-se encontrar a área da base, que representa o espaço para a deposição dos resíduos transportados pelas empresas caçambeiras, durante uma semana. O volume utilizado foi calculado, de acordo com a soma da maior semana geradora de cada empresa. Utilizou-se a altura h = 1,5m, obtida pela média entre as pilhas de resíduos existentes, atualmente, na área do lixão.

Portanto, o volume utilizado em cada empresa foi: Empresa A: 198 m³; Empresa B: 95 m³; Empresa C: 120, 52 m³; Empresa D: 136 m³; Empresa E: 70,08 m³; Empresa F: 83,99 m³, sendo o somatório igual a 703,59 m³. Logo, conforme apresentado na Eq.1 e para uma altura média de pilha igual a 1,5 m, estimou-se uma área de depósito igual a 1407,18 m².

4.6 Gravimetria dos RCD em Lavras

As empresas de caçambas participantes do projeto fizeram seus depósitos na área separada para o estudo, durante uma semana anterior a cada gravimetria. Foram realizados três estudos gravimétricos, nos dias 14/06/2019, 23/08/2019 e 11/10/2019. Com espaçamentos equidistantes entre si para melhor confiabilidade dos dados.

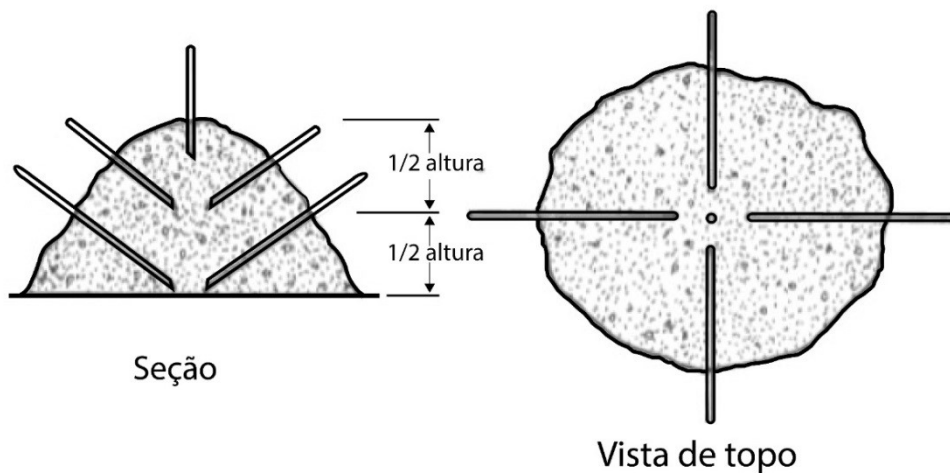
Para a obtenção de uma amostra homogênea do material, utilizou-se o processo de quarteamento que também permite uma redução do volume de material gerado de forma a obter uma amostra representativa do total descartado, facilitando seu manuseio.

Pilha ou monte de resíduos é o resultado desse processo de amostragem, definição encontrada na NBR 10.007/2004 (ABNT, 2004c), que traz definido como qualquer acúmulo de resíduo não contido, que não apresente escoamento superficial. Sendo assim, os RCDs coletados durante a semana resultaram em uma pilha de resíduos.

O método de quarteamento se dá pela divisão em quatro partes iguais de uma amostra pré – homogeneizada, sendo tomadas duas partes opostas entre si para constituir uma nova amostra e descartar as partes restantes. As partes não descartadas são misturadas totalmente e o processo de quarteamento é repetido duas vezes.

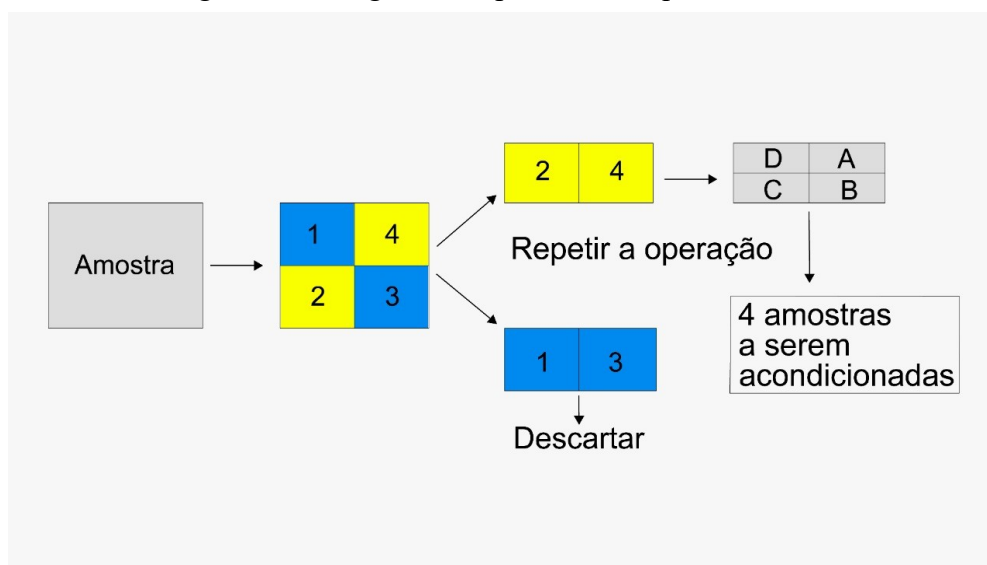
Segundo a NBR 10.007/2004 (ABNT, 2004c), deve-se retirar as amostras de, pelo menos, três seções (do topo, do meio e da base). Em cada seção, devem ser coletadas quatro amostras como se pode observar na (FIGURA 10) e somente após prosseguir com o processo de quarteamento (FIGURA 11).

Figura 10 - Amostragem de pontos de retirada das amostras para o processo de quarteamento.



Fonte: ABNT (2004c).

Figura 11 - Diagrama do processo de quarteamento.



Fonte: Da autora (2021).

Após o quarteamento, a amostra representativa foi previamente espalhada para facilitar o manuseio, e iniciou-se o processo de gravimetria (separação manual e pesagem dos resíduos) com retroescavadeira.

Para a determinação da composição gravimétrica dos RCDs foram utilizados 2 recipientes do tipo “bombona” (200L cada) para o armazenamento do resíduo após separação e para pesagem uma Balança Mecânica Micheletti 300 kg. Baldes (15L cada) e carrinho de mão para facilitar o transporte do material. Fita zebrada para isolamento da área de estudo com placa de sinalização, e material de capacitação para os integrantes da equipe, que receberam um treinamento antes da prática na gravimetria. Pás, enxadas e picaretas para a segregação dos componentes e peneira (malha 2,75 mm) para o solo.

Todo o processo de quarteamento e formação das pilhas de resíduos foram conduzidos por uma retroescavadeira, disponibilizada pela prefeitura municipal de Lavras, conforme ilustra a Figura 12.

Figura 12 - Retroescavadeira utilizada no processo.



Fonte: Da autora (2021).

Para a realização dos estudos gravimétricos, foi necessária uma equipe formada por funcionários da Prefeitura Municipal de Lavras e de estudantes da Universidade Federal de Lavras (UFLA), como é mostrado na Figura 13.

Todos os membros da equipe utilizaram Equipamentos de Proteção Individual (EPI):

- a) Luvas de raspa;
- b) Botas;
- c) Máscara cirúrgica;
- d) Óculos;
- e) Boné.

Antes do início das atividades, houve capacitação da equipe, principalmente sobre as classes dos resíduos e instruções de manuseio e método de separação.

Para o treinamento foram utilizados cartazes ilustrativos, trazendo exemplos de materiais, de acordo com a CONAMA nº 307 (BRASIL, 2002b).

As datas foram escolhidas entre junho, agosto e outubro, em decorrência da disponibilidade da retroescavadeira na prefeitura e mão de obra dos funcionários para auxiliar no trabalho de campo. Ainda assim, encontrou-se grande dificuldade, pela falta de apoio do

setor público. Sugere-se para os próximos trabalhos, buscando melhorias nos resultados, que as análises sejam realizadas com espaçamentos que abranjam o ano todo de estudo.

Figura 13 - Equipe responsável pela gravimetria realizada em junho de 2019.



Fonte: Da autora (2021).

Após a capacitação, o grupo iniciou a separação manual dos resíduos da pilha amostrada para um novo local onde ocorreu o aferimento da massa, com a utilização da balança do tipo Micheletti. Para a realização da pesagem, utilizaram-se dois recipientes de 200 litros do tipo “bombona,” devidamente numerados e pesados, previamente, para a obtenção da tara, apresentado na Figura 14.

Figura 14 - Recipientes do tipo “bombonas” utilizadas no estudo.



Fonte: Da autora (2021).

Anotava-se a massa total (recipientes + resíduos), em quilogramas, e a respectiva classe do RCD. Posteriormente, as massas dos recipientes foram subtraídas do valor anotado, obtendo, assim, as massas apenas dos resíduos em campo.

Em seguida, o peso de cada classe foi dividido pelo peso total da amostra para se conhecer o percentual (%) do componente em relação ao todo.

Além das Classes A, B, C e D dos RCDs, conforme Resolução CONAMA nº 307/2002, foi denominada outra classe como “outros”, contendo resíduos sólidos urbanos (RSU) que acabavam sendo misturados pela população nas próprias caçambas de armazenagem que seguiram para a área do antigo lixão.

O solo foi o último material a ser pesado, sendo necessário um peneiramento prévio, para garantir de que não fosse contabilizado com outro tipo de resíduo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

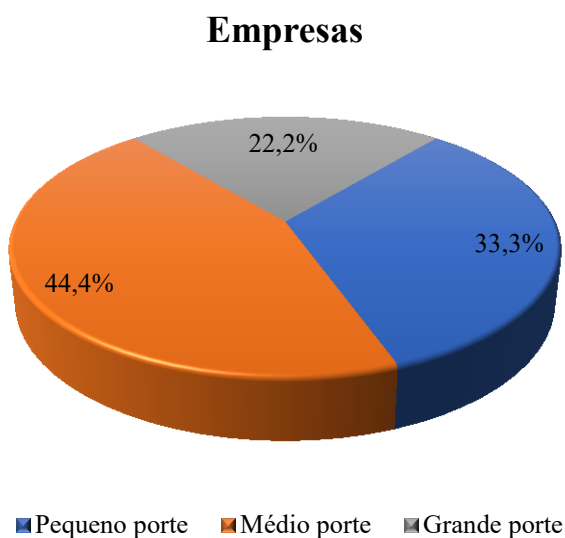
5.1 Empresas participantes

Na primeira coleta de dados, por meio do Formulário 1 (QUADRO 2), obteve-se uma visão geral sobre o cenário dos resíduos de construção civil no município. Foi possível também perceber, o envolvimento de cada empresa com a questão ambiental, econômica e social no estudo.

Por meio do levantamento de algumas informações, como a frequência de descarte na área de destinação final e sua preocupação ambiental, por meio da conscientização ambiental dos representantes, foi possível iniciar o procedimento para determinar a característica dos resíduos no município de Lavras.

Para a primeira questão do formulário, obtiveram-se 33,3% empresas, sendo de pequeno porte, 44,4% médio e 22,2% de maior porte. As empresas declaram a quantidade de caçambas disponíveis em número máximo de 100 unidades, para atender à demanda do mercado lavrense, demonstrado em gráfico na Figura 15.

Figura 15 - Empresas que trabalham com resíduos de construção civil no município em Lavras.



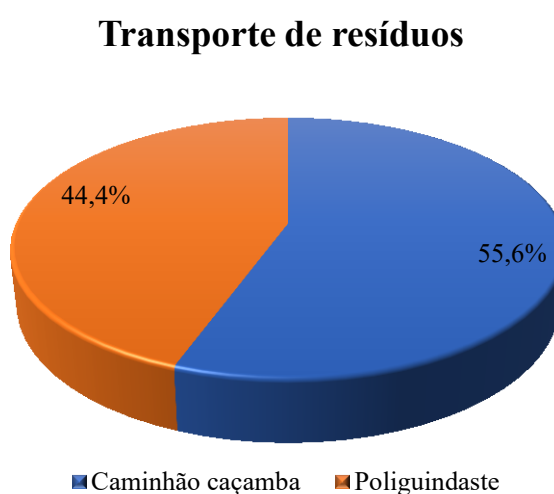
Fonte: Da autora (2021).

Para a terceira questão, abordando o volume de cada caçamba, houve unanimidade entre os padrões. Definidos então para o estudo as medidas de 3, 4 e 6 m³.

Os serviços são relativamente fáceis de serem contratos pelos clientes, os quais preferem o contato via telefone. Justificado pela facilidade de acesso e contratação do serviço, sua frequência predomina como diária em 77,8% dos casos.

Todas as empresas, declaram levar os resíduos coletados de seus clientes para descarte na área do antigo lixão de Lavras, e o transporte realizado, basicamente, em apenas dois meios: caminhão caçamba (55,6%) e poliguindaste (44,4%), demonstrado em gráfico na Figura 16.

Figura 16 - Transporte dos resíduos.



Fonte: Da autora (2021).

Todas as empresas transportam resíduos Classe A, nas viagens diárias, e 44,4% delas responderam que aparecem outros tipos de resíduos, como os Classe B. Não foi informado pelas empresas, o transporte ou geração expressiva das Classes C e D existentes na legislação.

Quando questionadas da existência de áreas de transbordo, algumas empresas, responderam que não levam os resíduos direto para a área de descarte final, o que comprova a existência no município áreas de descarte irregulares, ou seja, desconhecidas e não autorizadas pela Prefeitura Municipal de Lavras. Algumas relataram que deixam os resíduos no próprio pátio da empresa, sem impermeabilização ou cobertura para esse armazenamento.

Apesar das irregularidades, nota-se consciência em quase a totalidade dos entrevistados sobre a necessidade e importância de uma destinação ambientalmente adequada dos resíduos. Sendo desconhecida essa requisição por lei, em apenas 11,1% dos entrevistados.

Em Belo Horizonte, no estado de Minas Gerais, Moraes e Pereira (2012) constataram que a empresa responsável pela limpeza urbana implantou um Programa para a Correção das

Deposições e Reciclagem de RCDs, com destaque para a criação de três unidades de reciclagem de entulho. Alguns aspectos foram identificados como a necessidade de maior fiscalização nas construtoras, da conscientização da população e da adoção de novas diretrizes que também objetivem a minimização dos resíduos.

Apesar do resultado previamente satisfatório, ainda não é o ideal, o que demonstra a necessidade de programas de conscientização ambiental e conhecimento da legislação regulamentadora dos resíduos de construção civil, a CONAMA nº 307/2002, na qual 44,4% das empresas, não apresentaram conhecimento de sua existência.

Todas as empresas demonstram apoio ao descarte e disposição final correta dos RCD, e, conseqüentemente, apoio ao projeto para uma UTR na área do antigo lixão, além da importância do gerenciamento adequado desses resíduos e suas conseqüências caso não seja realizado.

5.2 Estimativa de RCD em Lavras

Na etapa de estimativa de RCD coletados por cada empresa, 6(seis) das 9(nove) empresas que se propuseram participar do estudo preencheram o Formulário 2. As empresas G, H e I não coletaram resíduos no período de estudo e, conseqüentemente, não os descartaram na área do antigo lixão. Nas Tabelas 4, 5 e 6 é dado os resultados da estimativa do volume de resíduos coletados por cada empresa no período de oito semanas no primeiro semestre de 2019, demonstrado em gráfico na Figura 17.

Tabela 4 - Dados de quantificação das duas empresas A e B, no período de 18/03/2019 a 11/05/2019.

EMPRESA A		EMPRESA B	
1ª SEMANA (18/03 a 28/03)	132,25 m³	1ª SEMANA (18/03 a 28/03)	35,86 m³
2ª SEMANA (25/03 a 30/03)	150,84 m³	2ª SEMANA (25/03 a 30/03)	23,10 m³
3ª SEMANA (01/04 a 06/04)	198 m³	3ª SEMANA (01/04 a 06/04)	24 m³
4ª SEMANA (08/04 a 13/04)	181,67 m³	4ª SEMANA (08/04 a 13/04)	28,51 m³
5ª SEMANA (14/04 a 20/04)	100 m³	5ª SEMANA (14/04 a 20/04)	65,67 m³
6ª SEMANA (22/04 a 27/04)	151,68 m³	6ª SEMANA (22/04 a 27/04)	43,60 m³
7ª SEMANA (29/04 a 04/05)	149,42 m³	7ª SEMANA (29/04 a 04/05)	76,50 m³
8ª SEMANA (06/05 a 11/05)	173,42 m³	8ª SEMANA (06/05 a 11/05)	95 m³
Média	143,41 m³	Média	49,03 m³
Desvio padrão	57,85 m³	Desvio padrão	26,91 m³
TOTAL	1.237,28 m³	TOTAL	392,24 m³

Fonte: Da autora (2019).

Tabela 5 - Dados de quantificação das empresas C e D, no período de 25/03/2019 a 18/05/2019.

EMPRESA C		EMPRESA D	
1ª SEMANA (25/03 a 30/03)	78,19 m³	1ª SEMANA (25/03 a 30/03)	64 m³
2ª SEMANA (01/04 a 06/04)	69,68 m³	2ª SEMANA (01/04 a 06/04)	70,18 m³
3ª SEMANA (08/04 a 13/04)	120,52 m³	3ª SEMANA (08/04 a 13/04)	0
4ª SEMANA (14/04 a 20/04)	57,68 m³	4ª SEMANA (14/04 a 20/04)	0
5ª SEMANA (22/04 a 27/04)	85,94 m³	5ª SEMANA (22/04 a 27/04)	52 m³
6ª SEMANA (29/04 a 04/05)	65,42 m³	6ª SEMANA (29/04 a 04/05)	112 m³
7ª SEMANA (06/05 a 11/05)	97,68 m³	7ª SEMANA (06/05 a 11/05)	136 m³
8ª SEMANA (13/05 a 18/05)	76 m³	8ª SEMANA (13/05 a 18/05)	96 m³
Média	81,39 m³	Média	66,27 m³
Desvio padrão	20,04 m³	Desvio padrão	49,06 m³
TOTAL	651,11 m³	TOTAL	530,18 m³

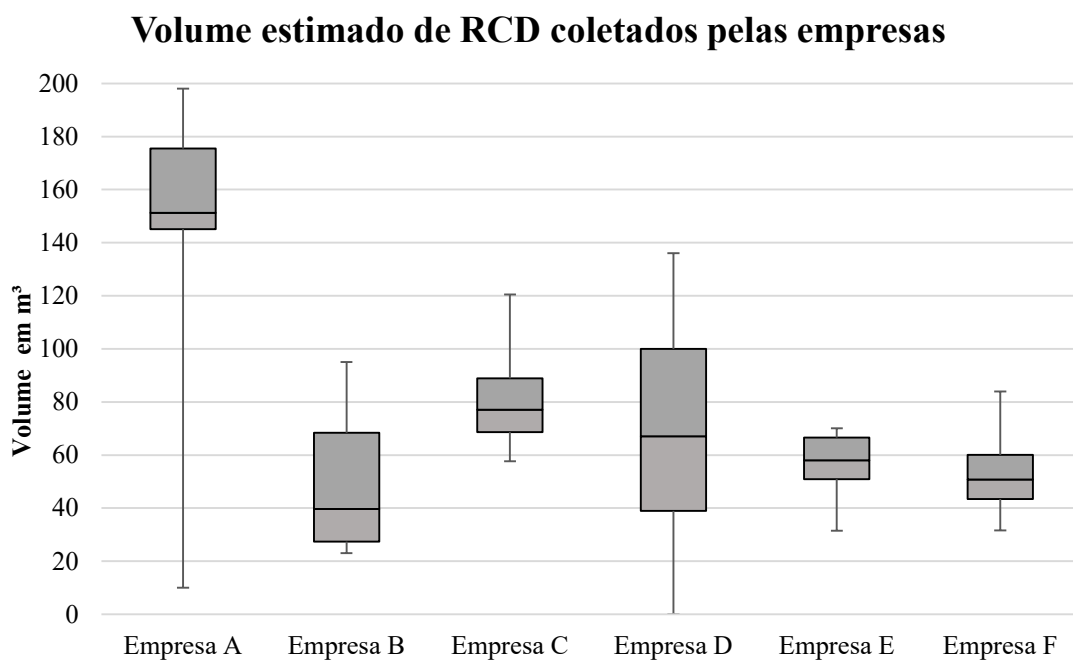
Fonte: Da autora (2019).

Tabela 6 - Dados de quantificação das empresas E e F, no período de 25/03/2019 a 18/05/2019.

EMPRESA E		EMPRESA F	
1ª SEMANA (25/03 a 30/03)	70,08 m³	1ª SEMANA (25/03 a 30/03)	31,56 m³
2ª SEMANA (01/04 a 06/04)	35,24 m³	2ª SEMANA (01/04 a 06/04)	48,75 m³
3ª SEMANA (08/04 a 13/04)	58,50 m³	3ª SEMANA (08/04 a 13/04)	43,56 m³
4ª SEMANA (14/04 a 20/04)	56,17 m³	4ª SEMANA (14/04 a 20/04)	43,15 m³
5ª SEMANA (22/04 a 27/04)	68 m³	5ª SEMANA (22/04 a 27/04)	56,57 m³
6ª SEMANA (29/04 a 04/05)	31,49 m³	6ª SEMANA (29/04 a 04/05)	52,89 m³
7ª SEMANA (06/05 a 11/05)	66,17 m³	7ª SEMANA (06/05 a 11/05)	70,49 m³
8ª SEMANA (13/05 a 18/05)	57,42 m³	8ª SEMANA (13/05 a 18/05)	83,99 m³
Média	55,38 m³	Média	53,87 m³
Desvio padrão	14,55 m³	Desvio padrão	16,63 m³
TOTAL	443,07 m³	TOTAL	430,96 m³

Fonte: Da autora (2019).

Figura 17 - Volume estimado, em m³, de RCD coletados pelas empresas, no primeiro de período de estudos.



Fonte: Da autora (2021).

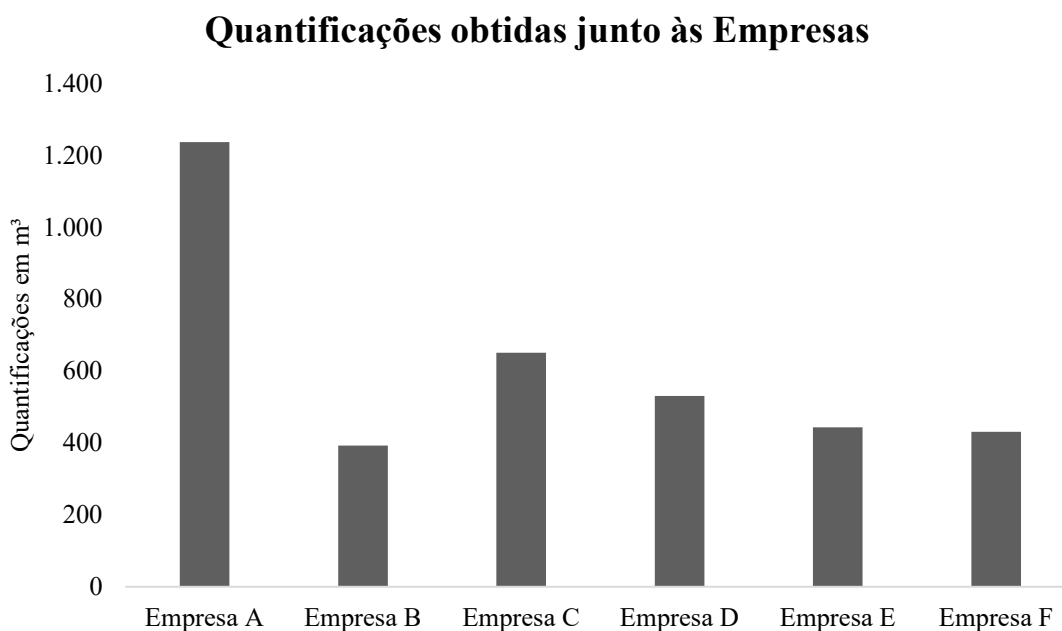
Na tabela 7 é apresentado os valores das quantificações que foram obtidas pelas empresas, demonstrado em gráfico na Figura 18.

Tabela 7 - Valor total das quantificações obtidas junto às Empresas A, B, C, D, E e F.

EMPRESA	QUANTIFICAÇÕES TOTAIS EM m ³
A	1.237,28 m ³
B	392,24 m ³
C	651,11 m ³
D	530,18 m ³
E	443,07 m ³
F	430,96 m ³
TOTAL	3.684,84 m³

Fonte: Da autora (2019).

Figura 18 - Valor total das quantificações, em m³, obtidas junto às Empresas A, B, C, D, E e F.



Fonte: Da autora (2021).

Nas primeiras 8 semanas de estudo, foram estimados 3.684,84 m³ de resíduos de construção e demolição transportados pelas empresas. Logo, pode-se estimar uma média de 1.842,42 m³ mensais de resíduos a serem descartados na área do antigo lixão municipal. Ao longo do período da coleta de dados, foram consideradas todas as caçambas que apresentavam saída nas empresas, de forma direta ou passando por área de transbordo.

Com a obtenção de agregados reciclados, 40% mais baratos que os naturais (considerando uma média de R\$ 21,00/m³ o preço dos reciclados contra R\$ 35,00/m³ dos agregados naturais). O município de Lavras representaria R\$ 25.793,88 em economia mensal e competitividade no mercado, para essa primeira etapa de estudo, comercializando seus agregados gerados a R\$ 38.690,82.

Em Belo Horizonte, o setor público utiliza, na pavimentação, desde 1994, os agregados reciclados produzidos em suas usinas. Em 2005, a Prefeitura de São Bernardo do Campo consumiu 4.800 m³ de agregado reciclado para a manutenção de ruas não pavimentadas. Para o mesmo tipo de uso, a Prefeitura de Mauá consumiu 4.000 m³ (LIMA; LIMA, 2012).

Nas Tabelas 8, 9 e 10 são mostrados os resultados da estimativa do volume de resíduos coletados por cada empresa, no período de oito semanas, no segundo semestre de 2019, demonstrado em gráfico na Figura 19.

Tabela 8 - Dados de quantificação das duas empresas A e B, no período de 15/08/2019 a 10/10/2019.

EMPRESA A		EMPRESA B	
1ª SEMANA (15/08 a 21/08)	78 m ³	1ª SEMANA (15/08 a 21/08)	51,02 m ³
2ª SEMANA (22/08 a 28/08)	110,42 m ³	2ª SEMANA (22/08 a 28/08)	27,09 m ³
3ª SEMANA (29/08 a 04/09)	126 m ³	3ª SEMANA (29/08 a 04/09)	27,85 m ³
4ª SEMANA (05/09 a 11/09)	100 m ³	4ª SEMANA (05/09 a 11/09)	23,34 m ³
5ª SEMANA (12/09 a 18/09)	85,11 m ³	5ª SEMANA (12/09 a 18/09)	24,76 m ³
6ª SEMANA (19/09 a 25/09)	178,75 m ³	6ª SEMANA (19/09 a 25/09)	6,84 m ³
7ª SEMANA (26/09 a 02/10)	102 m ³	7ª SEMANA (26/09 a 02/10)	89,43 m ³
8ª SEMANA (03/10 a 10/10)	142 m ³	8ª SEMANA (03/10 a 10/10)	157,25 m ³
Média	115,285 m ³	Média	50,95 m ³
Desvio padrão	32,93 m ³	Desvio padrão	49,68 m ³
TOTAL	922,28 m ³	TOTAL	407,58 m ³

Fonte: Da autora (2019).

Tabela 9 - Dados de quantificação das duas empresas C e D, no período de 15/08/2019 a 10/10/2019.

EMPRESA C		EMPRESA D	
1ª SEMANA (15/08 a 21/08)	92 m ³	1ª SEMANA (15/08 a 21/08)	80 m ³
2ª SEMANA (22/08 a 28/08)	89,42 m ³	2ª SEMANA (22/08 a 28/08)	60 m ³
3ª SEMANA (29/08 a 04/09)	80 m ³	3ª SEMANA (29/08 a 04/09)	64 m ³
4ª SEMANA (05/09 a 11/09)	77,42 m ³	4ª SEMANA (05/09 a 11/09)	132 m ³
5ª SEMANA (12/09 a 18/09)	74,84 m ³	5ª SEMANA (12/09 a 18/09)	88 m ³
6ª SEMANA (19/09 a 25/09)	85,42 m ³	6ª SEMANA (19/09 a 25/09)	112 m ³
7ª SEMANA (26/09 a 02/10)	88 m ³	7ª SEMANA (26/09 a 02/10)	80 m ³
8ª SEMANA (03/10 a 10/10)	110,84 m ³	8ª SEMANA (03/10 a 10/10)	64 m ³
Média	87,24 m ³	Média	85 m ³
Desvio padrão	11,28 m ³	Desvio padrão	25,37 m ³
TOTAL	697,94 m ³	TOTAL	680 m ³

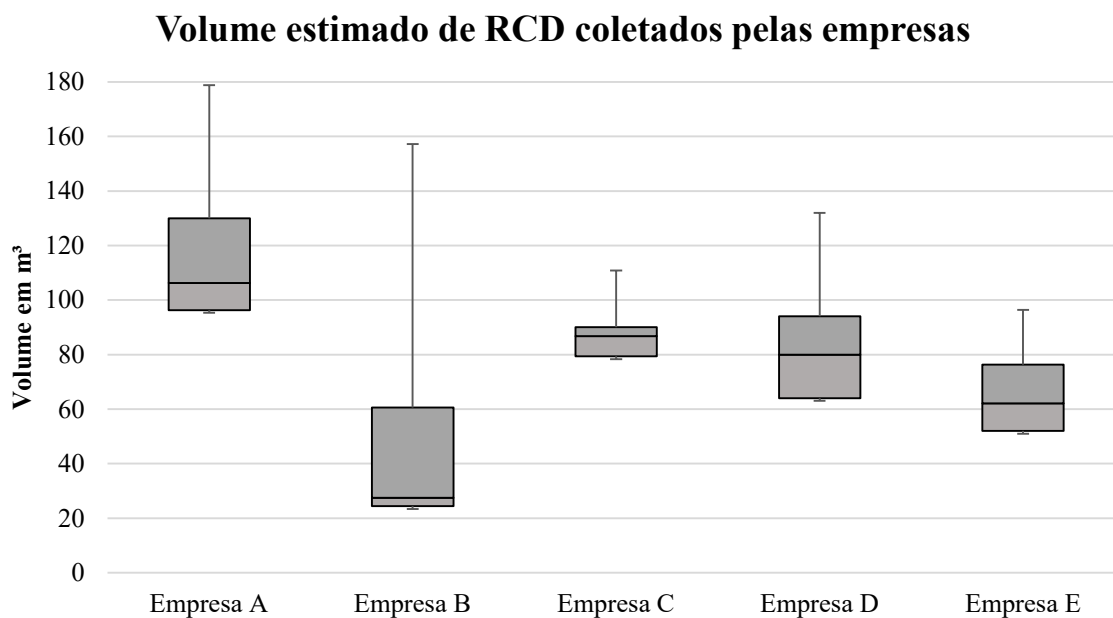
Fonte: Da autora (2019).

Tabela 10 - Dados de quantificação da empresa E, no período de 15/08/2019 a 10/10/2019.

EMPRESA E	
1ª SEMANA (15/08 a 21/08)	54,84 m ³
2ª SEMANA (22/08 a 28/08)	62,84 m ³
3ª SEMANA (29/08 a 04/09)	42,84 m ³
4ª SEMANA (05/09 a 11/09)	61,42 m ³
5ª SEMANA (12/09 a 18/09)	43,35 m ³
6ª SEMANA (19/09 a 25/09)	81,92 m ³
7ª SEMANA (26/09 a 02/10)	74,44 m ³
8ª SEMANA (03/10 a 10/10)	96,36 m ³
Média	64,75 m³
Desvio padrão	18,67 m³
TOTAL	518,01 m³

Fonte: Da autora (2019).

Figura 19 - Volume estimado, em m³, de RCD coletados pelas empresas, no segundo período de estudos.



Fonte: Da autora (2021).

Na Tabela 11 é apresentado os valores das quantificações que foram obtidas pelas empresas, demonstrado em gráfico na Figura 20.

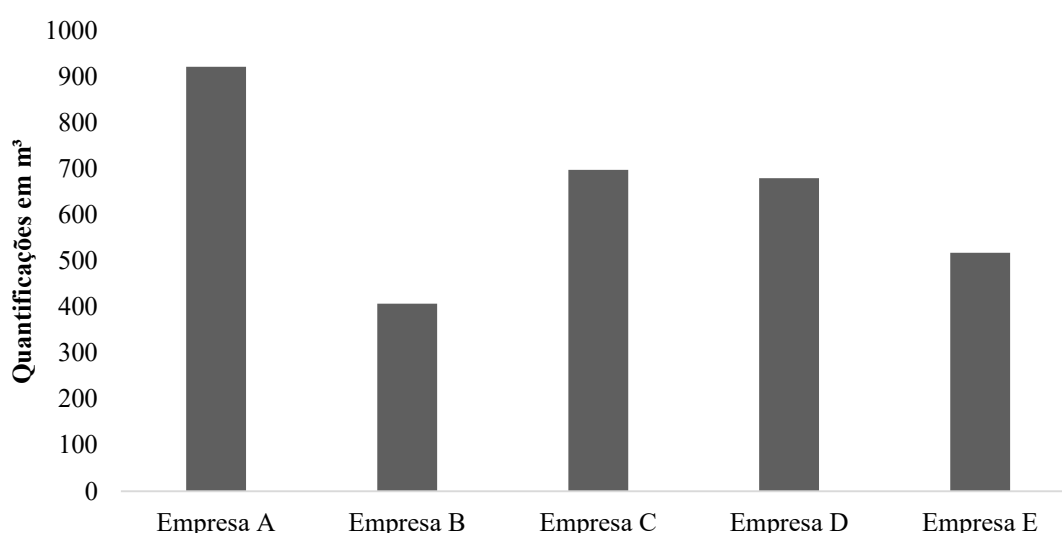
Tabela 11 - Valor total das quantificações obtidas junto às Empresas A, B, C, D, e E.

EMPRESA	QUANTIFICAÇÕES TOTAIS EM m ³
A	922,28 m ³
B	407,58 m ³
C	697,94 m ³
D	680 m ³
E	518,01 m ³
TOTAL	3.225,81 m³

Fonte: Da autora (2019).

Figura 20 - Valor total das quantificações obtidas junto às Empresas A, B, C, D, e E.

Quantificações obtidas junto às Empresas



Fonte: Da autora (2021).

Nas últimas 8 (oito) semanas de estudo, referente ao segundo semestre de 2019, apenas 5 (cinco) empresas participaram, sendo que a empresa F não entregou o formulário preenchido. Foram estimados 3.225,81 m³ de resíduos de construção e demolição transportados até a área do lixão. Logo, a média mensal foi de 1.612,90 m³.

A empresa F mudou de endereço, pausou suas atividades para reestruturação interna e não manteve contato com a autora. Portanto, não foi possível a continuação da análise dos dados para efeito comparativo.

De acordo com Fagundes (2009), o custo estimado do controle tecnológico dos agregados reciclados, em uma usina com capacidade de produção de 40 m³ /h, é de apenas

R\$ 0,50/m³ produzidos e pode facilitar a comercialização do agregado. Na segunda etapa da contabilização, para a quantidade de resíduos encontrada, a usina apresentaria custo mensal de R\$ 806,45 e conseguiria agregar valor de venda em R\$ 33.870,90.

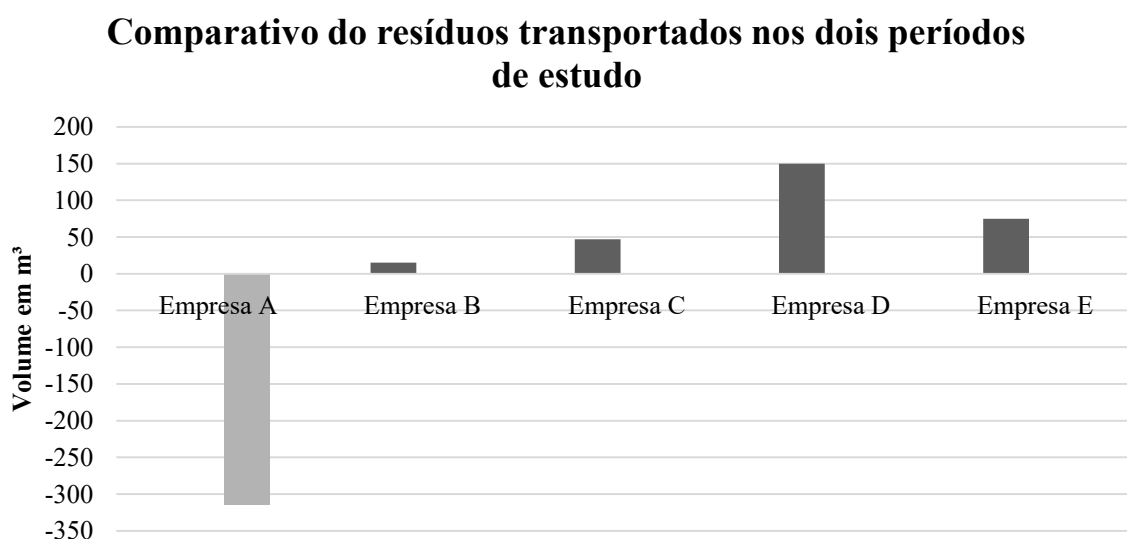
Comparando os dois períodos de estudo, observa-se que a empresa A diminuiu, significativamente, seus resíduos transportados e destinados em 315 m³. Uma possível justificativa para essa queda nos serviços, pode se dar pela chegada da época das chuvas, resultando na dificuldade em prosseguir com obras de construção e demolição, sendo preferencial a época da seca. Visto que, a empresa estudada presta serviços de coleta em construções novas, de casas, prédios e estabelecimentos, e as demais empresas concentram suas caçambas no recolhimento de pequenas reformas.

As empresas B e C obtiveram um pequeno aumento de 15,34 m³ e 46,83 m³ no transporte, respectivamente. Em razão do aumento de novas construções e investimento em logística e infraestrutura com aquisição de novas caçambas para atendimento.

A empresa D, coloca-se em primeiro lugar quanto ao aumento entre as datas, com 149,82 m³ de resíduos a mais sendo destinados ao antigo lixão. Seguido da empresa E, com aumento de 74,94 m³. Cresceu o número de serviços solicitados para reformas, incluindo principalmente a demanda para um grande hospital na cidade de Lavras.

A empresa F, como exposto anteriormente, não permaneceu no estudo, impedindo as comparações entre aumento ou diminuição do volume de resíduos. O comparativo dos resíduos transportados pelas empresas é apresentado em gráfico na Figura 21.

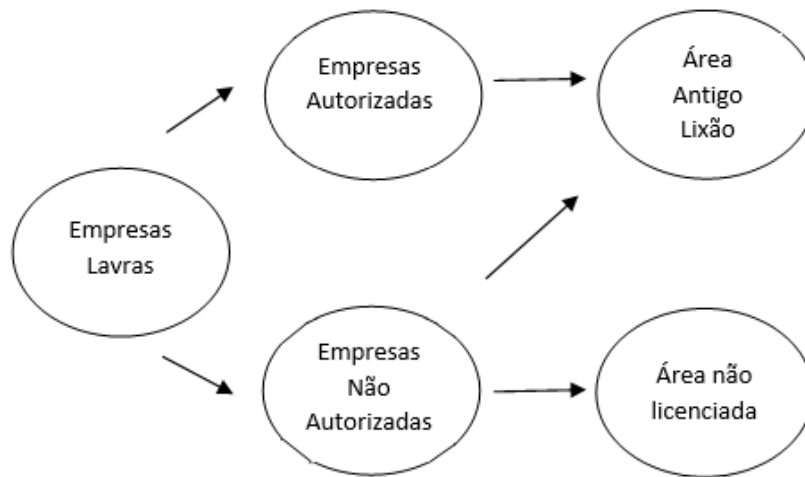
Figura 21 - Comparativo dos resíduos transportados e destinados das empresas A, B, C, D e E nos dois períodos estudados.



Fonte: Da autora (2021).

Em visita à área, notou-se acesso indevido de empresas não autorizadas, por não terem nenhum registro na Prefeitura Municipal de Lavras. Esse fato é preocupante do ponto de vista ambiental e operacional, visto que, o estudo foi baseado apenas nas empresas credenciadas, não levando em conta essas empresas que, atualmente, fazem a deposição de seus resíduos de maneira clandestina, dificultando, assim, uma estimativa de volume de resíduos que seriam destinados para uma possível UTR a ser construída na área do antigo lixão. Na Figura 22, apresenta-se um fluxograma de como é realizada a logística dos RCD até o descarte, na área do antigo Lixão (FIGURA 22).

Figura 22 - Fluxograma de descarte.



Fonte: Da autora (2021).

Figura 23 - Área de estudo do antigo lixão.



Fonte: Da autora (2021).

5.3 Composição gravimétrica dos RCD

Após a realização de três análises gravimétricas, foi possível fazer o levantamento de dados em relação ao peso, em kg, de cada material segregado por Classe de RCD.

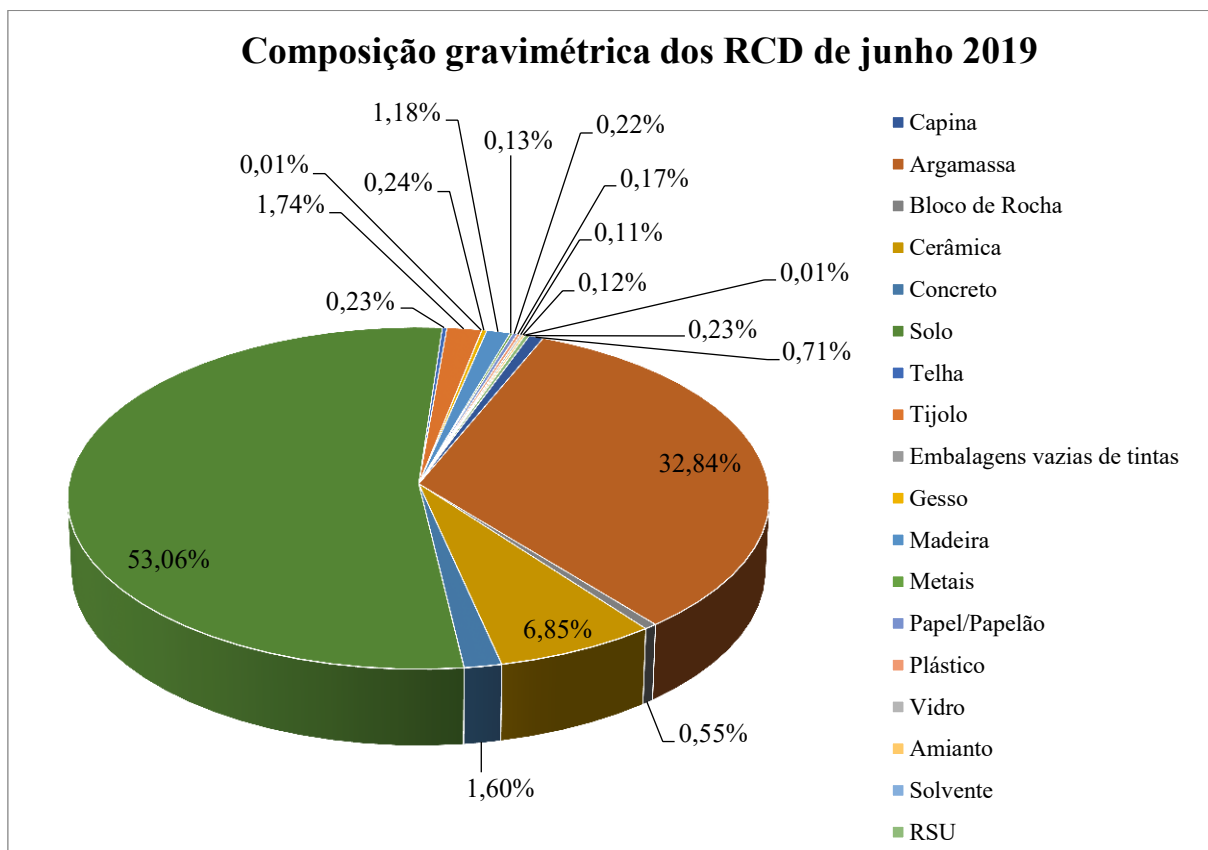
Na Tabela 12, apresenta-se o resultado detalhado da primeira composição gravimétrica, realizada em junho de 2019, demonstrado em gráfico na Figura 24.

Tabela 12 - Resultado da primeira caracterização gravimétrica dos RCD (junho 2019).

Classes	Resíduos	Massa (kg)	%
A	Argamassa	4.091,80	32,84
A	Bloco de Rocha	68,22	0,55
A	Cerâmica	853,67	6,85
A	Concreto	200,08	1,60
A	Solo	6.612,50	53,06
A	Telha	29	0,23
A	Tijolo	216,69	1,74
B	Embalagens vazias de tintas imobiliárias	1,40	0,01
B	Gesso	29,64	0,24
B	Madeira	147,65	1,18
B	Metais	15,80	0,13
B	Papel/Papelão	26,87	0,22
B	Plástico	21,37	0,17
B	Vidro	14,19	0,11
C	Lã de vidro/Isopor	-	-
C	Fio de Nylon	-	-
D	Amianto	15, 17	0,12
D	Solvente	1,40	0,01
D	Tinta	-	-
RSU	RSU	28,40	0,23
Outros	Capina	88,75	0,71
TOTAL		12.462,6	100

Fonte: Da autora (2021).

Figura 24 - Composição gravimétrica dos RCD (jun/2019).



Fonte: Da autora (2021).

Pode-se observar que existem obras de terraplanagem no município pela quantidade de solo em relação aos outros resíduos. Há também elevado índice de construção civil representado por argamassa e cerâmica. Além disso, tijolos, concreto e madeira, indicando o estilo da construção do município. Em alguns países, como nos EUA, há maior utilização de madeira (classe B) na construção civil, consequência dos pré-moldados na fase de alvenaria da obra (OLIVEIRA, D., 2007).

Não foram contabilizados um percentual significativo dos resíduos de lã de vidro e fio de nylon, que foram encontrados, porém, tiveram seu peso insignificante, e, portanto, desconsiderados, nesta primeira gravimetria. Apresentando de maneira menos expressiva com 0,12% o componente amianto, porém não menos importante em ser analisado, em razão de seu forte potencial em ser prejudicial à saúde e meio ambiente.

Na classe B, os principais materiais recicláveis, como papel/papelão, plástico e vidro, indicam uma fração pequena no todo.

A caracterização realizada no município de Ji-Paraná-RO, trouxe a representatividade do solo em 30% da massa total analisada, indicando obras novas. E 45% de concreto e

argamassa, demonstrando reformas e demolição, entretanto, podendo variar em função das técnicas construtivas aplicadas (OZORCO; FREDERICO, 2015).

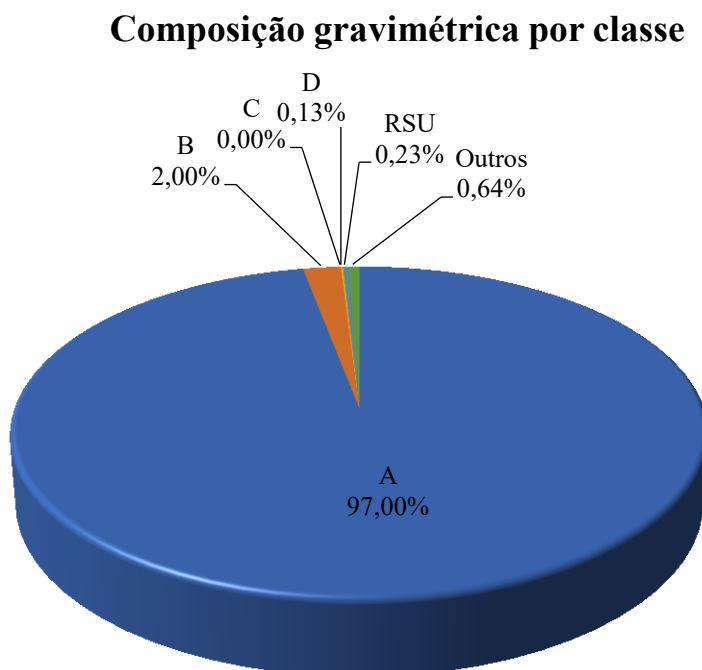
Já, na análise gravimétrica do município de Passo Fundo-RS, destacou-se a quantidade de tijolos em 27% do total, demonstrados também em outros estudos. A argamassa teve 38%, após segregação e pesagem do material (BERNARDES *et al.*, 2008).

Em Lavras-MG, obteve-se maior presença em solos, com mais de 40% em média para todas as análises. Assemelhando-se a caracterização no estudo em Ji-Paraná, que encontrou 30%. A argamassa, resíduo também encontrado em grande quantidade, representa, neste estudo, 35% do total. Os estudos citados demonstraram índices maiores, indicando também maior processo de demolição nos municípios.

Os resultados encontrados se assemelham ao trabalho de Brasileiro e Matos (2015) que encontrou uma predominância de argamassa, tijolo e cerâmica. Todos classificados como A, indicando a viabilidade da implementação da britagem dos resíduos na usina.

Na Figura 25, ilustram-se as porcentagens, por classe dos resíduos na primeira gravimetria dos RCDs.

Figura 25 - Resultado da composição gravimétrica por classe de resíduo.



Fonte: Da autora (2021).

A maior parte dos resíduos é de classe A, como previsto e, em segundo, os resíduos de classe B. Os maiores índices identificados para essas classes tornam viável a implantação de uma usina de triagem e reciclagem, onde os resíduos de classe A seriam triturados e incorporados em outros subprodutos e os B com potencial de serem reciclados e vendidos no mercado com valor agregado (valoração).

Os resíduos de classe C tiveram valores insignificantes e não foram contabilizados nos estudos. Os resíduos de classe D obtiveram valores baixos, com 17 kg, representando 0.13%, mas, ainda, são preocupantes, em decorrência da presença, principalmente, de telhas de amianto, podendo ser cancerígenas.

A capina, contabilizada em “outros”, apresentou-se um valor significativo de 89 kg, em razão de seu maior volume e baixo peso, indicando altas demandas em serviços de limpeza de lote e podas de árvores.

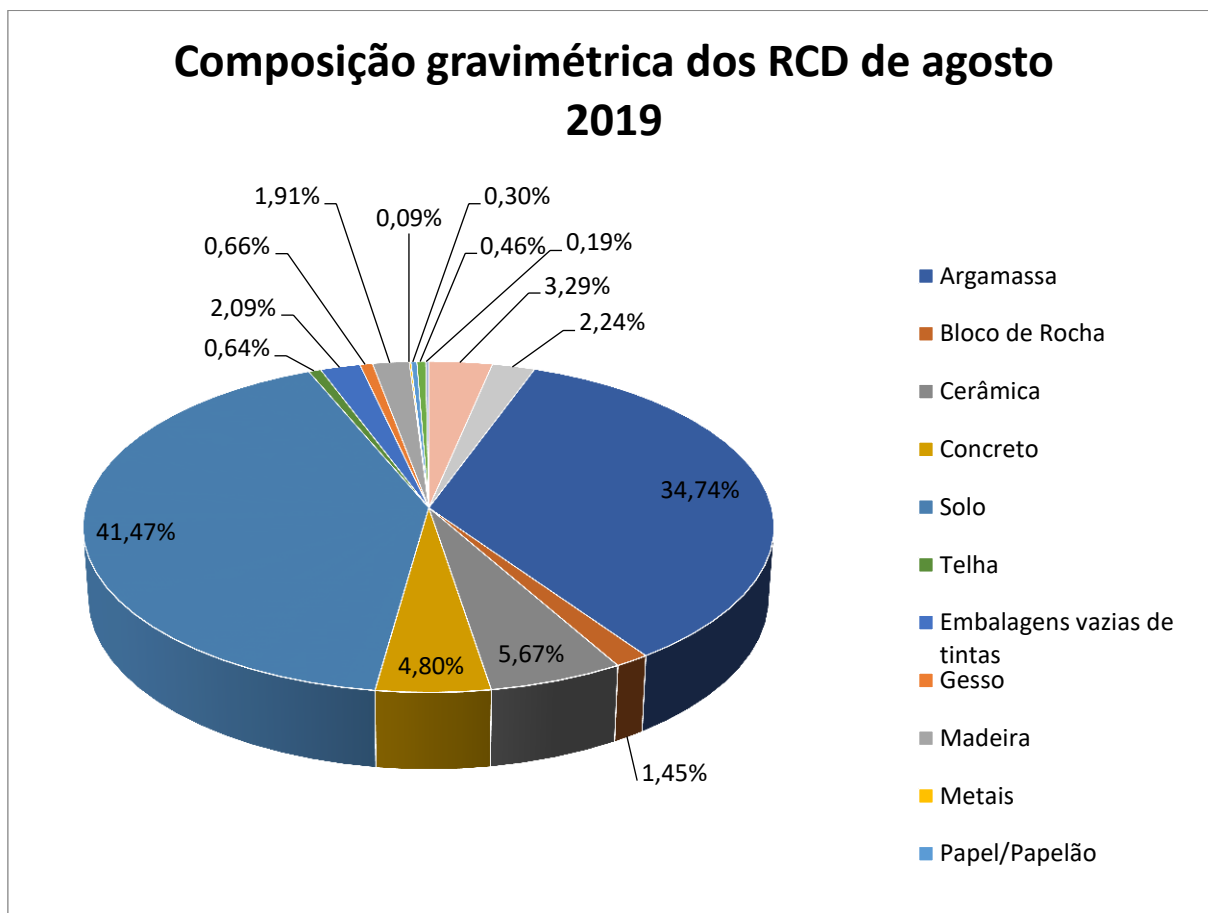
Na Tabela 13, apresenta-se o resultado detalhado da segunda composição gravimétrica, realizada em agosto de 2019 e, na Figura 26, ilustra-se, graficamente, o resultado por classe de resíduos.

Tabela 13 - Resultado da segunda caracterização gravimétrica dos RCD (agosto 2019).

CLASSES	RESÍDUOS	MASSA (kg)	%
A	Argamassa	3.894,4	34,74
A	Bloco de Rocha	162	1,45
A	Cerâmica	636	5,67
A	Concreto	538,6	4,80
A	Solo	4.649,52	41,47
A	Telha	71	0,64
A	Tijolo	234,4	2,09
B	Embalagens vazias de tintas imobiliárias	-	-
B	Gesso	75	0,66
B	Madeira	213,8	1,91
B	Metais	10	0,09
B	Papel/Papelão	33,6	0,30
B	Plástico	52	0,46
B	Vidro	-	-
C	Lã de vidro/Isopor	-	-
C	Fio de Nylon	-	-
D	Amianto	21	0,19
D	Solvente	-	-
D	Tinta	-	-
RSU	RSU	368,6	3,29
Outros	Capina	251	2,24
TOTAL		11.210,92	100

Fonte: Da autora (2021).

Figura 26 - Composição gravimétrica dos RCD (agosto/2019).



Fonte: Da autora (2021).

Pode-se observar que também houve uma predominância de obras de terraplenagem, no período da segunda gravimetria, com a predominância em solo seguido da argamassa. O material cerâmico representa 5,67% do montante e concreto com 4,80%. A quantidade de gesso pode representar um aumento no índice de demolição, seguido da madeira com 1,91%. Os principais materiais recicláveis têm seus índices em 0,30% em papel e papelão, 0,46% para plásticos e 0,09% em resíduos metálicos.

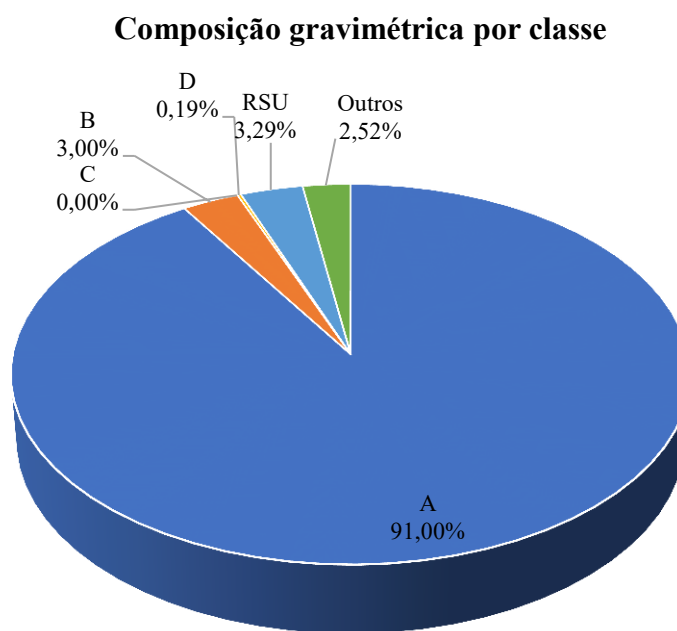
Alguns resíduos, como embalagens vazias de tintas imobiliárias, lã de vidro, fio de nylon e vidro, foram encontrados, porém tiveram seu peso desconsiderado, em razão da baixa quantidade. Além disso, os principais materiais recicláveis, como papel/papelão (0,30%) e plástico (0,46%), apresentaram uma queda em relação à primeira gravimetria.

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) apresentaram valores significativos em 3,29% com 369 kg. Esse resultado demonstra a disposição inadequada dos resíduos que deveriam ser armazenados para a coleta nas residências, porém são encontrados nas caçambas de resíduos de construção e demolição. Tal fato acontece, pois a locação das caçambas é, geralmente, em

vias públicas de fácil acesso para a população descartar outros tipos de resíduos, demonstrando descaso e falta de conscientização ambiental.

O principal resíduo encontrado e elencado como “outros” continua sendo de capina, indicando 2,24% em 250 kg nos dados, o que demonstra grande movimentação de serviços de limpeza de lote e podas urbanas. Os resultados são demonstrados em gráfico na Figura 27.

Figura 27 - Resultado da composição gravimétrica por classe de resíduo.



Fonte: Da autora (2021).

Para a segunda gravimetria prevaleceu a predominância de resíduos Classe A com 91% e 10 toneladas. Em seguida, os resíduos de classe B (3%), com quase 400 kg.

Os resíduos de classe C não foram contabilizados nos estudos, em razão das justificativas anteriores. Os resíduos de classe D seguem com valores baixos, representando 21 kg, mas não descartam a preocupação por serem resíduos classificados como perigosos.

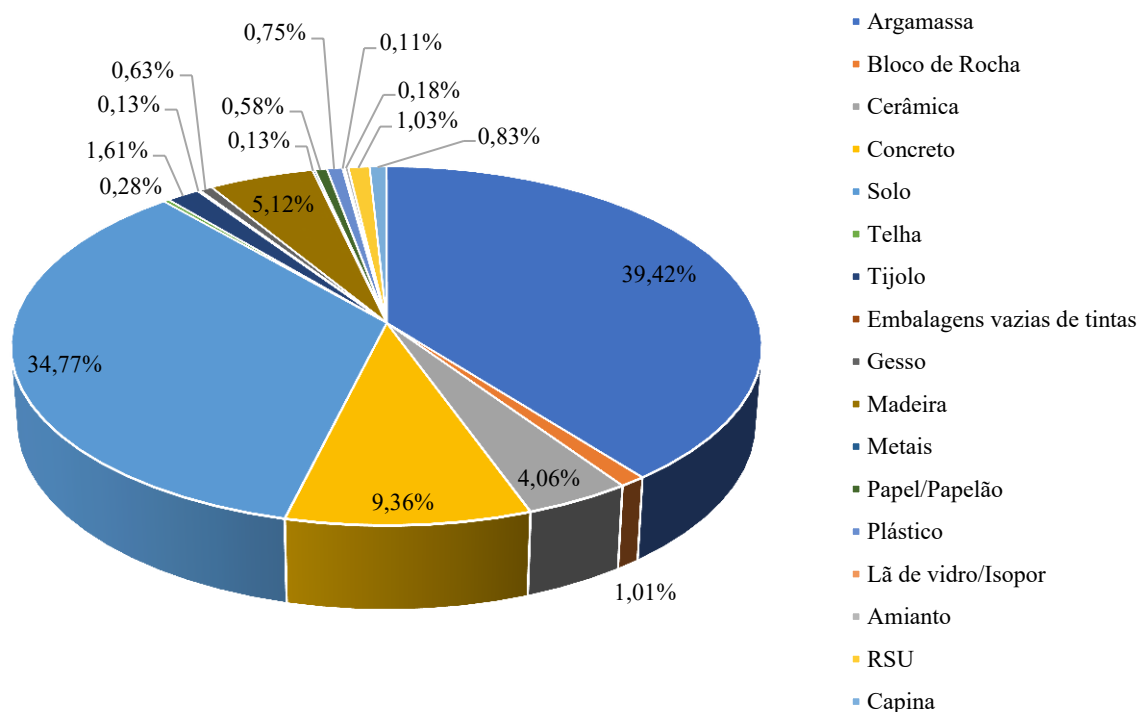
Na Tabela 14, apresenta-se o resultado detalhado da terceira composição gravimétrica, realizada em outubro de 2019 e, na Figura 28, ilustra-se, graficamente, a gravimetria por classe de resíduos.

Tabela 14 - Resultado da terceira caracterização gravimétrica dos RCD (outubro 2019).

CLASSES	RESÍDUOS	MASSA (kg)	%
A	Argamassa	3.922,74	39,42
A	Bloco de Rocha	100,6	1,01
A	Cerâmica	404,6	4,06
A	Concreto	931,6	9,36
A	Solo	3.460,4	34,77
A	Telha	27,5	0,28
A	Tijolo	159,4	1,61
B	Embalagens vazias de tintas imobiliárias	12,6	0,13
B	Gesso	62,3	0,63
B	Madeira	508,2	5,12
B	Metais	13,5	0,13
B	Papel/Papelão	58	0,58
B	Plástico	74,66	0,75
B	Vidro	-	-
C	Lã de vidro/Isopor	11	0,11
C	Fio de Nylon	-	-
D	Amianto	18	0,18
D	Solvente	-	-
D	Tinta	-	-
RSU	RSU	102,8	1,03
Outros	Capina	83,2	0,83
TOTAL		9.951,1	100

Fonte: Da autora (2021).

Figura 28 - Composição gravimétrica dos RCD (outubro2019).

Composição gravimétrica dos RCD de junho 2019

Fonte: Da autora (2021).

Tabela 15 - Valores de média e desvio padrão de massa e porcentagem para cada tipo de resíduo determinados pela caracterização gravimétrica do RCD nos meses de julho, agosto e outubro.

(Continua)

CLASSES	RESÍDUOS	MÉDIA MASSA (kg)	MÉDIA %	DP MASSA (kg)	DP %
A	Argamassa	3969,65	35,67	106,73	3,39
A	Bloco de Rocha	110,27	1,00	47,63	0,45
A	Cerâmica	631,42	5,53	224,57	1,40
A	Concreto	556,76	5,25	366,10	3,90
A	Solo	4907,47	43,10	1591,80	9,25
A	Telha	42,50	0,38	24,69	0,22
A	Tijolo	203,50	1,81	39,20	0,25
B	Embalagens vazias de tintas imobiliárias	7,00	0,07	7,92	0,08
B	Gesso	55,65	0,51	23,40	0,23
B	Madeira	289,88	2,74	191,94	2,10
B	Metais	13,10	0,12	2,92	0,02
B	Papel/Papelão	39,49	0,37	16,38	0,19
B	Plástico	49,34	0,46	26,74	0,29

Tabela 15 - Valores de média e desvio padrão de massa e porcentagem para cada tipo de resíduo determinados pela caracterização gravimétrica do RCD nos meses de julho, agosto e outubro.

(Conclusão)

CLASSES	RESÍDUOS	MÉDIA MASSA (kg)	MÉDIA %	DP MASSA (kg)	DP %
B	Vidro	14,19	0,11	-	-
C	Lã de vidro/Isopor	11,00	0,11	-	-
C	Fio de Nylon	-	-	-	-
D	Amianto	19,50	0,16	2,12	0,04
D	Solvente	1,40	0,01	-	-
D	Tinta	-	-	-	-
RSU	RSU	166,60	1,52	178,85	1,59
Outros	Capina	140,98	1,26	95,32	0,85

Fonte: Da autora (2021).

Pode-se observar que houve uma redução na quantidade de solo da primeira para a segunda gravimetria entre a segunda e a terceira gravimetria. Tal fato pode indicar uma queda em obras de terraplenagem, no município, bem como pode estar vinculado ao melhor aproveitamento do solo em aterros e recuperação de voçorocas.

Há ainda elevado índice de argamassa, bem próximo aos valores anteriores primeira e segunda gravimetria, respectivamente. Tal resíduo é um indicador de construção civil, logo, constata-se que o município de Lavras apresenta uma contínua atividade na construção civil.

Os principais exemplos da classe B encontrados são materiais como madeira, com aumento significativo, em relação às duas primeiras gravimetrias, papel/papelão e plástico, que também apresentaram um crescimento em relação às gravimetrias anteriores.

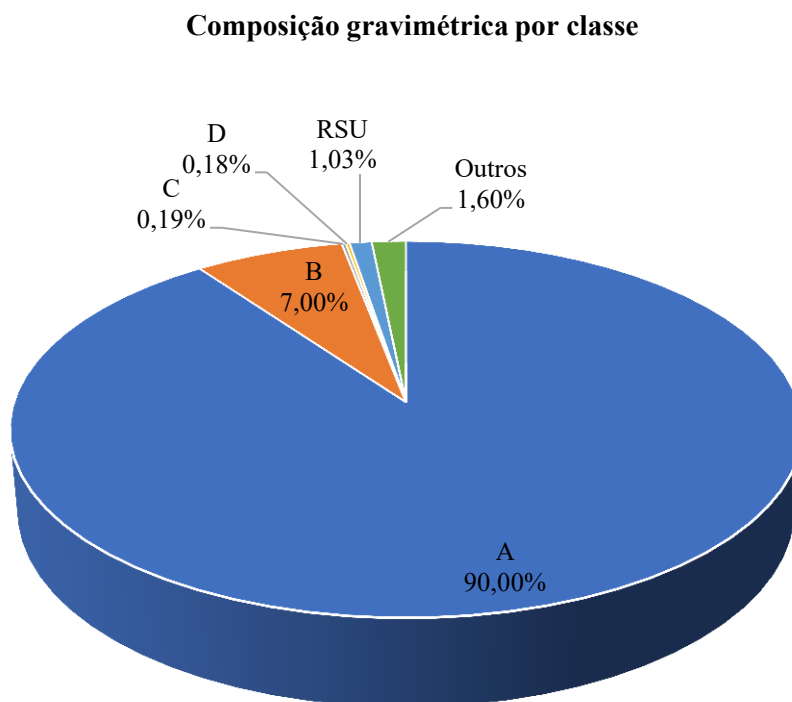
A classe C, agora aparente na terceira gravimetria, é exemplificada pelo resíduo de isopor, com (0,11%), utilizado na construção civil para isolamento acústico e térmico. Apesar de pequena representação, o isopor não se encaixa nem como reciclável, nem como reaproveitável, principalmente quando entra em contato com outros resíduos, e seu destino seria o aterro sanitário ou tratamento térmico.

Ainda existe a presença do amianto, mesmo que em pequena quantidade com 18 kg representando 0.18%. Ou seja, 3 kg a menos comparado à gravimetria anterior. Os resíduos de solvente e tinta, não foram encontrados.

Os resíduos sólidos urbanos, ainda presentes e misturados de forma errônea nas caçambas, seguem apresentando valores significativos de mais de 100 kg, porém menor que a segunda gravimetria. E o resíduo de capina, com 83 kg indicando que a limpeza de lotes e

resíduos de jardinagem foi maior, no período da segunda gravimetria. Os resultados são demonstrados em gráfico na Figura 29.

Figura 29 - Resultado da composição gravimétrica por classe de resíduo.



Fonte: Da autora (2021).

A maior parte dos resíduos é de classe A com 9 toneladas. E, em seguida, os resíduos de classe B, com quase 730 kg.

Um menor quantitativo de resíduos (9.951,1 kg), na terceira gravimetria, pode ser justificada, pelo período chuvoso, enfrentado nessas semanas, o que tem como consequência uma desaceleração nas atividades de construção e demolição.

Conforme a resolução CONAMA 307 (BRASIL, 2002b), mais de 96,67% dos resíduos gerados em Lavras-MG seguiriam para processos de reciclagem e/ou reaproveitamento, sendo utilizados como agregados e 3,33% iriam para outras destinações. Dessa forma, destaca-se que o município apresenta grande potencial dos resíduos gerados na construção civil para reciclagem, seja como agregado ou em outras áreas de aplicação. Valores próximos foram encontrados por Bernardes *et al.* (2008), na cidade de Passo Fundo (RS), onde mais de 94% dos resíduos gerados poderiam ser reciclados ou reaproveitados, e em Ji-Paraná (RO) onde a estimativa apresentou 97% dos resíduos.

Logo, esse valor evidencia a importância da implantação de um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil que conte com um sistema de coleta específico, usinas de triagem e reciclagem e aterros necessários para a disposição final, além da conscientização da população sobre a importância do aproveitamento desses resíduos e os prejuízos que eles possam causar, se mal gerenciados.

6 CONCLUSÃO

Apesar da metodologia proposta, neste estudo, não contemplar todos os RCD gerados em Lavras, foi possível, por meio das três amostragens gravimétricas, espaçadas de maneira equidistantes, no período de 1(um) ano, caracterizar e determinar as classes de resíduos de construção e demolição coletados por empresas caçambeiras existentes no município.

Destaca-se que Lavras possui um grande potencial para a implantação de uma Usina de Triagem e Reciclagem de resíduos Classe A e B, uma vez que 96,67% dos resíduos caracterizados pertencem a essas duas classes, os quais possuem potencial de reutilização como agregado na construção civil, assim como, o aproveitamento de resíduos, potencialmente, recicláveis em outros setores industriais.

No entanto, ressalta-se que o município de Lavras-MG está carente de um Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos de Construção e Demolição, uma vez que o descarte a céu aberto desses RCD, potencialmente recicláveis, além de ser um passivo ambiental, deixa de gerar renda e emprego ao município. Além disso, foi possível monitorar apenas 9 empresas responsáveis pela coleta de resíduos de construção e demolição neste trabalho, o que reforça a necessidade de uma melhor gestão para esses resíduos, principalmente, após o relato de algumas das empresas, de que existem áreas clandestinas de descarte dos RCD.

Espera-se, com a construção da usina, em Lavras-MG, um gerenciamento adequado, de acordo com cada classe de RCD, mitigando, assim, os impactos ambientais na área designada e visando a melhor qualidade de vida da população com a diminuição de vetores de doenças e a preservação ambiental. Além de favorecer a economia local com empregos e a compra e venda dos resíduos da usina.

REFERÊNCIAS

- ALGARVIO, D. A. N. **Reciclagem de resíduos de construção de demolição**: contribuição para controle do processo. Lisboa: Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**: edição especial 15 anos. São Paulo: Ed. Abrelpe, 2017. Disponível em: http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama_abrelpe_2017.pdf. Acesso em: 31 jul. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004/2004**: classificação de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: Ed. ABNT, 2004a. Disponível em: <http://analiticaqmcredutos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.006/2004**: procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: Ed. ABNT, 2004b. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-10.006-Solubiliza%C3%A7%C3%A3o-de-Res%C3%ADduos.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.007/2004**: amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: Ed. ABNT, 2004c. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/residuos/files/2014/04/nbr-10007-amostragem-de-resc3adduos-sc3b3lidos.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.114**: resíduos sólidos da construção civil: diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: Ed. ABNT, 2004d. Disponível em: https://portal.seuma.fortaleza.ce.gov.br/fortalezaonline/servletrepositoriolegislacao?arquivo=NBR_15114_2004.pdf&pasta=legislacaoGeral. Acesso em: 25 fev. 2021.
- AZEVEDO, G. O. D.; KIPERSTOK, A.; MORAES, L. R. S. Resíduos da construção civil em Salvador: os caminhos para uma gestão sustentável. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 65-72, 2006.
- BERNARDES, A. *et al.* Quantificação e classificação dos resíduos da construção e demolição coletados no município de Passo Fundo, RS. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 3, p. 65-76, 2008.
- BIOMASSA. **Os resíduos gerados pela construção civil**. Disponível em: <https://biomassado brasil.com.br/os-residuos-gerados-pela-construcao-civil>. Acesso em: 31 jul. 2019.
- BLUMENSCHNEIN, R. N. **Technical manual**: waste management at construction sites. Brasília, DF: Ed. SEBRAE/DF, 2007.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Diagnóstico dos resíduos sólidos, documento técnico elaborado pelo Consórcio II GE no âmbito do Projeto Interáguas para subsidiar a revisão do Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF: SRHU/MMA, 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 302, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 maio 2002a.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 jul. 2002b.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. 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 Conselho Nacional do Meio Ambiente, estabelecendo nova classificação para o gesso. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 maio 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 348, de 16 de agosto 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, 17 ago. 2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. 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 Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 jan. 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 469, de 29 de julho de 2015. Altera a Resolução CONAMA n.º 307 de 05 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30 jul. 2015.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica**, São Paulo, v. 61, n. 358, p. 178-189, 2015.

CAMPAGNA, C. S.; NEUMANN, C. S. R.; DANILEVICZ, A. M. Desenvolvimento de um layout para uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 20., 2012, Bento Gonçalves. **Anais [...]**. Bento Gonçalves, 2012.

CASSA, J. C.; CARNEIRO, A. P.; BRUM, I. A. S. **Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção**: projeto entulho bom. Salvador: Ed. UFBA; Ed. Caixa Econômica Federal, 2001.

COSME, R. L.; TEIXEIRA, J. E. S. L.; CALMON, J. L. Use of frequency sweep and MSCR tests to characterize asphalt mastics containing ornamental stone residues and LD steel slag. **Construction and Building Materials**, Guildford, v. 122, p. 556-566, 2016.

CUNHA, N. A. **Resíduos da construção civil: análise de usinas de reciclagem**. 2007. 176 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

FAGUNDES, L. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 57-71, 2009.

FERRAZ, J. L. **Modelo para avaliação da gestão municipal integrada de resíduos sólidos urbanos**. 2008. 221 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

FREITAS, S. M. A. C. *et al.* Steel slag and iron ore tailings to produce solid brick. **Clean Technologies and Environmental Policy**, Zürich, v. 20, p. 1087-1095, 2018.

GASTALDINI, A. L. G. *et al.* The use of water treatment plant sludge ash as a mineral addition. **Construction and Building Materials**, Guildford, v. 94, p. 513-520, 2015.

GEUS, L. M.; MOURA, E.; GARCIAS, C. M. Uso do SIG como suporte à definição da localização de pontos de entrega voluntária de resíduos de construção e demolição. **Revista Tecnologia e Sociedade**, Curitiba, v. 15, n. 37, p. 26-39, 2019.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth>. Acesso em: 10 mar. 2021.

GUERRERO, L. A.; MAAS, G.; HOGLAND, W. Solid waste management challenges for cities in developing countries. **Waste Management**, Oxford, v. 33, p. 220-232, 2013.

GUIMARÃES T. *et al.* **Gestão ambiental**. 4. ed. São Paulo: Pearson, 2011.

HENDRIKS, C. F. **The building cycles**. Amsterdam: Aeneas, 2000. 231 p.

HENDRIKS, C. F.; NIJKERK, A. A.; VAN KOPPEN, A. E. **The building cycle**. Amsterdam: Aeneas, 2010. 231 p.

INNER SIDNEY WASTE BOARD. **A draft specification for supply of recycled material for roads, drainage and fills**. Sydney: ISWB Press, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRÁFICA E ESTATÍSTICA. **Cidades e estados**: MG, Lavras 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/lavras.html>. Acesso em: 12 mar. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRÁFICA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa anual da indústria da construção**. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/54/paic_2017_v27_informativo.pdf. Acesso em: 12 maio 2021.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. Reciclagem de resíduos da construção. *In*: SEMINÁRIO RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES, 2010, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Ed. CETESB, 2010. 13 p.

KARPINSK, L. A. *et al.* **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil**: uma abordagem ambiental. Porto Alegre: Edipurcs, 2009. 163 p.

LAVRAS. Prefeitura Municipal. **PRAD - Plano de Recuperação de Área Degradada**. Lavras: Secretaria do Meio Ambiente, 2020.

LIMA, R. S.; LIMA, R. R. R. **Guia para elaboração de projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil**. [Curitiba]: Ed. CREA-PR, 2012. Disponível em: https://www.cuiaba.mt.gov.br/upload/arquivo/cartilhaResiduos_web2012.pdf. Acesso em: 12 mar. 2021.

MANFRINATO, J. W. S.; ESGUÍCERO, F. J.; MARTIS, B. L. Implementação de usina para reciclagem de Resíduos da Construção Civil (RCC) como ação para o desenvolvimento sustentável: estudo de caso. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., 2008, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: ENEGEP, 2008. p. 1-12.

MARQUES, O.; OLIVEIRA, R. M. S.; PICANÇO, A. P. Resíduos de construção civil: geração e alternativas para reciclagem em um canteiro de obras de pequeno porte. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 10, n. 2, p. 143-156, 2013.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio-Ambiente e Desenvolvimento. Deliberação Normativa COPAM nº 118, de 27 de junho de 2008. Altera os artigos 2º, 3º e 4º da Deliberação Normativa n.º 52/2001, estabelece novas diretrizes para adequação da disposição final de resíduos sólidos urbanos no Estado e dá outras providências. **Diário Executivo do Estado de Minas Gerais**, Belo Horizonte, 1 jul. 2008.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio-Ambiente e Desenvolvimento. Deliberação Normativa COPAM nº 155, de 25 de agosto de 2010. Altera dispositivos da Deliberação Normativa COPAM nº 74, de 09 de setembro de 2004, incluindo na listagem E códigos de atividade para manejo e destinação de resíduos da construção civil e volumosos, e dá outras providências. **Diário Executivo do Estado de Minas Gerais**, Belo Horizonte, 4 set. 2010.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio-Ambiente e Desenvolvimento. Deliberação Normativa COPAM nº 217, de 06 de dezembro de 2017. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais e dá outras providências. **Diário Executivo do Estado de Minas Gerais**, Belo Horizonte, 6 dez. 2017.

MIRANDA, L. F. R. **Contribuição ao desenvolvimento da produção e controle de argamassa de revestimento com areia reciclada lavada de resíduos Classe A da construção civil**. 2005. 439 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

- MORAES, R. O.; PEREIRA, P. M. S. O Programa de manejo diferenciado e reciclagem de resíduos da Prefeitura de Belo Horizonte. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 117-126, 2012.
- MOREIRA, E. H.; CUNHA, J.; NELSON, B. **Alternativas para a destinação de resíduos da construção civil**. 2. ed. Belo Horizonte: Ed. Sinduscon, 2008. 84 p.
- MURAKAMI, S. *et al.* **Sustainable building and policy design**. Tokyo: Institute of International Harmonization for Building and Housing, 2002.
- NOVAES, M. V.; MOURÃO, C. A. M. A. **Manual de gestão ambiental de resíduos sólidos da construção civil**. Fortaleza: COOPERCON, 2018.
- OLIVEIRA, D. M. **Desenvolvimento de ferramenta para apoio à gestão de resíduos de construção e demolição com uso de geoprocessamento: caso Bauru, SP**. 2007. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.
- OLIVEIRA, J. C. **Indicadores de potencialidades e desempenho de agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil em pavimentos flexíveis**. 2007. 167 f. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Departamento de Ciências, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2007.
- OLIVEIRA, J. C. *et al.* Evaluation of a flexible pavement executed with recycled aggregates of construction and demolition waste in the municipal district of Goiânia - Goiás. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PAVEMENT RECYCLING, 2005, São Paulo. **Anais eletrônicos** [...]. São Paulo, 2005. 1 CD-ROM.
- OZORCO, M. M. D.; FREDERICO, F. H. Composição gravimétrica, classificação e potencial de reciclagem dos resíduos de construção civil produzidos em Ji-paraná/RO. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 6., 2015, Porto Alegre. **Anais** [...]. Porto Alegre, 2015.
- PACHECO, S. L. S.; ESTRELLA, A.; PASSANEZI, P. M. S. A reutilização dos resíduos sólidos na construção civil: uma análise das tecnologias utilizadas e seus resultados práticos. **Cerâmica**, São Paulo, v. 61, n. 358, p. 178-189, 2015.
- PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 189 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- PINTO, T. P. Panorama dos resíduos da construção civil no estado de São Paulo. **Revista Habitare**, Sorocaba, ano 5, p. 9, dez. 2005.
- PINTO, T. P. **Panorama nacional e perspectivas para a gestão do RCD: gestão de resíduos da construção civil em Guarulhos**. São Paulo: I&T, 2009.
- PINTO, T. P.; GONZÁLES, J. L. R. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil: manual de orientação**. Brasília, DF: Ed. Caixa, 2005. v. 1.

PIOVEZAN, G. T. A. J. **Avaliação dos resíduos da construção civil (RCC) gerados no município de Santa Maria**. 2007. 76 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

PROHAB. **Usinas de reciclagem**. São Carlos: Prohab, 2013. Disponível em: <http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/usina-dereciclagem.html>. Acesso em: 6 jan. 2021.

PUT, J. Recycling of C&DW: success factors. *In: WORKSHOP RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E AS NORMAS TÉCNICAS PARA SUA UTILIZAÇÃO*, 2001, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo, 2001.

RILEM RECOMMENDATION. Specification for concrete with recycled aggregates. **Materials and Structures**, New York, n. 27, p. 557-559, 1994.

SANCHES, M. C. G. **Valorização do serviço público de destinação final dos resíduos gerados pela indústria da construção civil no município do Salvador - BA**. 2012. 221 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2012.

SANTOS, A. M. **Diagnóstico da situação dos resíduos de construção e demolição (RCD) no município de Petrolina (PE)**. 2008. 111 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2008.

SCHNEIDER, D. M. Normas técnicas brasileiras: resíduos da construção civil/volumosos e inertes. **Revista Habitare**, Rio de Janeiro, ano 5, dez. 2005. Disponível em: http://www.habitare.org.br/revista_ultima.aspx?CD_PUBLICACAO=52. Acesso em: 10 mar. 2020.

SILVA, P. J. *et al.* Políticas e práticas de gestão ambiental: uma análise da gestão dos resíduos da construção civil na cidade de Belo Horizonte (MG). **Cadernos EBAPE-BR**, Belo Horizonte, v. 4, n. 3, p. 1-25, 2006.

TESSARO, A. B.; SÁ, J. S.; SCREIN, L. B. 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, abr./jun. 2012.

UNITED STATES. Environmental Protection Agency. **Characterization of building**: related construction and demolition debris in the United States: report n. EPA 530-R-98-010. Washington, DC: EPA, 2008.

VAZZOLER, J. S. *et al.* Investigation of the potential use of waste from ornamental stone processing after heat treatment for the production of cement-based paste. **Construction and Building Materials**, Guildford, v. 177, p. 314-321, 2017.

WAMBUCO. **Waste manual for building construction**: European Waste manual for above ground construction. Minho: WAMBUCO, 2005. v. 1.