

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Curso de Especialização em Construção Civil

Haroldo Shingai

**PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO
CIVIL PARA PROJETO PÚBLICO DE EDIFICAÇÃO EM BELO HORIZONTE:
Análise de Quantificação de Resíduos**

Belo Horizonte
2023

Haroldo Shingai

**PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO
CIVIL PARA PROJETO PÚBLICO DE EDIFICAÇÃO EM BELO HORIZONTE:
Análise de Quantificação de Resíduos**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Especialização em Construção Civil do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, da Escola de Engenharia da universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior

Belo Horizonte
2023

S556p

Shingai, Haroldo.

Plano de gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil para projeto público de edificação em Belo Horizonte [recurso eletrônico] : análise de quantificação de resíduos / Haroldo Shingai. – 2023.
1 recurso online (38 f. : il., color.) : pdf.

Orientador: Antônio Neves de Carvalho Júnior.

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais”

Bibliografia: f. 36-38.

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Construção civil. 2. Resíduos sólidos. 3. Projetos de engenharia.
I. Carvalho Júnior, Antônio Neves de. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 69



ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

ALUNO: HAROLDO SHINGAI

MATRÍCULA: 2020685153

RESULTADO

Aos 21 dias do mês de março de 2023 realizou-se a defesa da MONOGRAFIA de autoria do aluno acima mencionado sob o título:

"PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA PROJETO PÚBLICO DE EDIFICAÇÃO EM BELO HORIZONTE: ANÁLISE DE QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS"

Após análise, concluiu-se pela alternativa assinalada abaixo:

X APROVADO

APROVADO COM CORREÇÕES

REPROVADO

NOTA: 90

CONCEITO: A

BANCA EXAMINADORA:

Nome

Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior

Assinatura

Antônio Neves de
Carvalho Júnior

Assinado de forma digital por
Antônio Neves de Carvalho Júnior
Dados: 2023.03.21 18:38:53 -03'00'

Nome

Prof. M.Sc. Agnus Rogério Rosa

Assinatura

AGNUS ROGERIO
ROSA:45630070649

Assinado de forma digital por
AGNUS ROGERIO
ROSA:45630070649
Dados: 2023.03.22 15:51:05 -03'00'

O candidato faz jus ao grau de "ESPECIALISTA EM CONSTRUÇÃO CIVIL: "GESTÃO E TECNOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL"

Belo Horizonte, 21 de março de 2023

Antônio Neves de
Carvalho Júnior

Assinado de forma digital por
Antônio Neves de Carvalho
Júnior
Dados: 2023.03.21 18:36:22
-03'00'

Coordenador do Curso

RESUMO

Este estudo tem por objetivo avaliar possibilidades de implementação de planos básicos de gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil que permitam abranger de forma padrão vários projetos/obras de edificações da SUDECAP e que seja possível calcular de forma sistêmica, as quantidades de resíduos que serão gerados em obra, antes da licitação dos serviços. O Plano de Gerenciamento de Resíduos sólidos da construção civil para projetos públicos se tornou obrigatório em Belo Horizonte a partir da Resolução nº 307, emitido pelo CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) de 05/07/2002, em que se estabelecem diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil. Diante disto, a SUDECAP precisou reavaliar os projetos anteriores a 2019, ano em que se passou a exigir o cumprimento da referida resolução pelos órgãos fiscalizadores, e que não atendem aos novos parâmetros legais. Foi necessária também, a criação de um padrão, ou metodologia, de estimativa que se aproxime ao máximo à realidade a ser apresentada durante a obra, a fim de que não ocorram aditivos de valor e prazo. Para esta pesquisa, recorreu-se a um estudo de caso dos projetos de um empreendimento de uma maternidade a ser construída em Belo Horizonte, cujos serviços teriam sido executados por empresa terceirizada, e em contrato já encerrado. Foram feitos levantamentos dos itens dos serviços a serem executados pela análise da Planilha de Quantitativos e mensurados os resíduos conforme as recomendações literárias. Os resultados encontrados foram satisfatórios, tendo em vista que é possível, conforme as literaturas indicaram, estimar de forma simplificada o volume de resíduos que serão gerados ao longo da obra, para que a licitação da mesma ocorra. No entanto, sugere-se que sejam feitos estudos internos ao longo das novas obras da SUDECAP para que haja refinamento dos dados e sejam particularizados os perfis de cada tipo de serviço ou empreendimento.

Palavras-chave: Resíduos sólidos da construção civil; Quantidade de resíduos; Gerenciamento de resíduos

ABSTRACT

This study aims to evaluate possibilities for implementing basic plans for the management of construction wastes that allow covering several projects/works of SUDECAP buildings in a standard way and that it is possible to calculate systemically, the amounts of waste that will be generated under construction, before bidding for services. The Construction Industry Waste Management Plan for public projects became mandatory in Belo Horizonte as of Resolution No. 307, issued by CONAMA (National Council for the Environment) on 07/05/2002, which establishes guidelines, criteria, and procedures for the management of construction industry waste. Given this, SUDECAP had to reassess the projects before 2019, the year in which it began to demand compliance with the said resolution by inspection agencies, and which do not meet the new legal parameters. And yet, create a standard, or methodology, of estimation that is as close as possible to the reality to be presented during the work, so that there are no additions of value and term. For this research, we resorted to a case study of the projects of a undertaking of a Maternity to be built in Belo Horizonte, whose services would have been executed by a third-party company, and in a contract that had already ended. Surveys were made of the service items to be performed by analyzing the Quantitative Spreadsheet and the residues were measured according to literary recommendations. The results found were satisfactory, bearing in mind that it is possible, as indicated in the literature, to estimate in a simplified way the amount of waste that will be generated through out the work, so that the bidding for the construction takes place. However, it is suggested that internal studies be carried out throughout of SUDECAP's new works so that there is a refinement of the data and the profiles of each type of service or enterprise are particularized.

Keywords: Construction wastes; Amounts of waste; Waste management.

LISTAS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ilustração da Maternidade.....	18
Figura 2 - Planta ilustrativa de canteiro da obra.	29
Figura 3 - Exemplos de estruturas de armazenamento de resíduos	30

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Percentual de Usinas públicas e privadas.	12
Gráfico 2 - Avaliação da presença de PGRCC nos municípios brasileiros em função do número de habitantes.....	14
Gráfico 3 - Origens dos RCD em algumas cidades brasileiras (% massa)	15

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplo de serviço de pintura do empreendimento.	19
Tabela 2 - Referência para tabela de cálculo de indicador 1.	22
Tabela 3 - Densidade aparente (T/m^3) dos resíduos de construção.	23
Tabela 4 – Resumo geral da estimativa de resíduos a serem gerados pela obra. ...	24
Tabela 5 - Simulação da distribuição de volume (m^3) de RCD ao longo da execução da obra.	27

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Identificação de RCD por etapas da obra e possível reaproveitamento.	25
Quadro 1 - Identificação de RCD por etapas da obra e possível reaproveitamento.	26
Quadro 2 - Estruturas para acondicionamento dos resíduos da obra	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATT – Área de transbordo e triagem

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CREA-PR – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente

MDR – Ministério do Desenvolvimento Regional

PGRCC – Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

RCC – Resíduos da Construção Civil

RCD – Resíduos de Construção Civil e Demolição

SUDECAP – Superintendência de Desenvolvimento da Capital

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS GERAIS.....	11
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
3.1. FUNDAMENTAÇÃO HISTÓRICA.....	12
3.2. FUNDAMENTAÇÃO LEGAL.....	15
3.3. FUNDAMENTAÇÃO DOCUMENTAL	16
4. METODOLOGIA.....	18
5. CONCLUSÕES	35
REFERÊNCIAS.....	37

1. INTRODUÇÃO

O Plano de Gerenciamento de Resíduos sólidos da construção civil para projetos públicos se tornou obrigatório em Belo Horizonte a partir da Resolução nº 307, emitido pelo CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) em 05/07/2002, em que se estabelecem diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil.

Atualmente, observa-se que a SUDECAP (Superintendência de Desenvolvimento da Capital) necessita reavaliar o seu processo construtivo, no que se refere a projetos e obras, tendo em vista que não houve planejamento para Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), desde a promulgação da lei. Vários projetos desenvolvidos, não consideram tudo o que envolve a gestão de resíduos, em que se pesem serviços de triagem, quantificação do resíduo a ser gerado para cada item separadamente, espaço de armazenamento, transporte e a correta destinação.

Portanto, é necessário avaliar os projetos, e especialmente as planilhas de quantitativos, para que seja possível planejar a obra e calcular estes volumes de resíduos, considerando suas diferentes classes. E ainda, é preciso criar um padrão, ou metodologia, de estimativa que tente se aproximar ao máximo à realidade a ser apresentada durante a obra, a fim de que não ocorram aditivos de valor e prazo, incorrendo em danos ao erário público.

Pelo dinamismo das obras públicas no município de Belo Horizonte, o grande volume de projetos terceirizados e arquivados de empresas projetistas cujos contratos já se encerraram, planilha de encargos e serviços de obra com centenas de itens, cujas composições não consideram o desperdício ou resíduos de embalagem, é necessário criar mecanismos que viabilizem de forma satisfatória o plano de gerenciamento e quantificação de resíduos sólidos da construção civil. Entende-se por satisfatória, uma metodologia que seja passível de se mensurar de forma prática, palpável e eficiente. Uma metodologia excessivamente complexa, cujas variáveis sejam muito específicas, é inviável na prática para a dinâmica de projetos e obras que envolvem a SUDECAP.

Este trabalho justifica-se por ser uma iniciativa de conhecimento com perspectiva científica de um dos maiores desafios da construção civil: mitigar os

impactos ambientais. O município de Belo Horizonte, como não poderia ser diferente, enfrenta estes mesmos desafios para realização de suas obras públicas, e precisa se adequar e criar soluções às legislações ambientais vigentes.

Portanto, uma correta metodologia deve ser pesquisada para que a equipe técnica da SUDECAP, que fiscaliza os projetos desenvolvidos para os empreendimentos do município de Belo Horizonte, possa ter precisão na avaliação dos documentos relacionados ao gerenciamento e quantificação de RCD, a fim de se evitar possíveis impactos físicos-financeiros não previstos ao longo da obra.

Como estudo de caso, avaliou-se uma maternidade de Belo Horizonte, cujos projetos foram desenvolvidos por empresa terceirizada, sob contrato fiscalizado pela SUDECAP, mas que não foram desenvolvidos estudos de quantificação dos resíduos que serão gerados ao longo da obra, nem o plano de gerenciamento de resíduos adequado à esta condição de obra. Condição inclusive, que é condicionante ambiental exigida pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Belo Horizonte para que a obra aconteça e o empreendimento apresente como realizado para obtenção da licença de operação.

2. OBJETIVOS GERAIS

O objetivo deste trabalho é avaliar possibilidades de implementação de planos básicos de gerenciamento dos resíduos de construção e demolição (RCD) dos projetos/obras de edificações da SUDECAP, em que se procura atender os atuais panoramas ambientais do setor da construção civil, analisar parâmetros utilizados em literatura para quantificação e planejamento de obra, e ainda, comparar com uma obra específica da SUDECAP a fim de se verificar a viabilidade de implementação em outras obras.

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como estudo de caso, avaliou-se um maternidade de Belo Horizonte, cujos projetos foram desenvolvidos por empresa terceirizada, sob contrato fiscalizado pela SUDECAP, mas que não foram desenvolvidos estudos de quantificação dos resíduos que serão gerados ao longo da obra, nem o plano de gerenciamento de resíduos adequado à esta condição de obra. Condição inclusive, que é condicionante ambiental exigida pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Belo Horizonte para que a obra aconteça e o empreendimento apresente como realizado para obtenção da licença de operação.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. FUNDAMENTAÇÃO HISTÓRICA

Nas últimas décadas tem se observado um aumento populacional e a expansão das cidades refletindo no crescimento intensificado do setor de construção civil. A questão do RCD tem sido amplamente discutida no Brasil pela alta taxa de geração, representando cerca de 50% a 70% dos resíduos sólidos urbanos coletados (ALMEIDA *et al.*, 2005), e mais recentemente, atualizado para 40% a 70% da massa total dos resíduos gerados nos municípios brasileiros (FEAM, 2021). Percebe-se uma sensível melhora, mas ainda assim os RCD continuam sendo bastante representativos. Os estudos sobre caracterização e quantificação dos RCD no Brasil iniciaram em meados de 1980. Na década 1990 começaram ensaios sobre reciclagem e existiam inúmeras usinas de triagem e reciclagem muitas controladas pelas municipalidades como aponta Pinto (1999), porém, segundo dados recentes, 83% das usinas pertencem à iniciativa privada, provavelmente, a inversão ocorreu após a Resolução 307 do CONAMA, segundo Miranda *et. al* (2016), que tornou potencialmente atrativa a atividade de Reciclagem, como se observa no Gráfico 1.

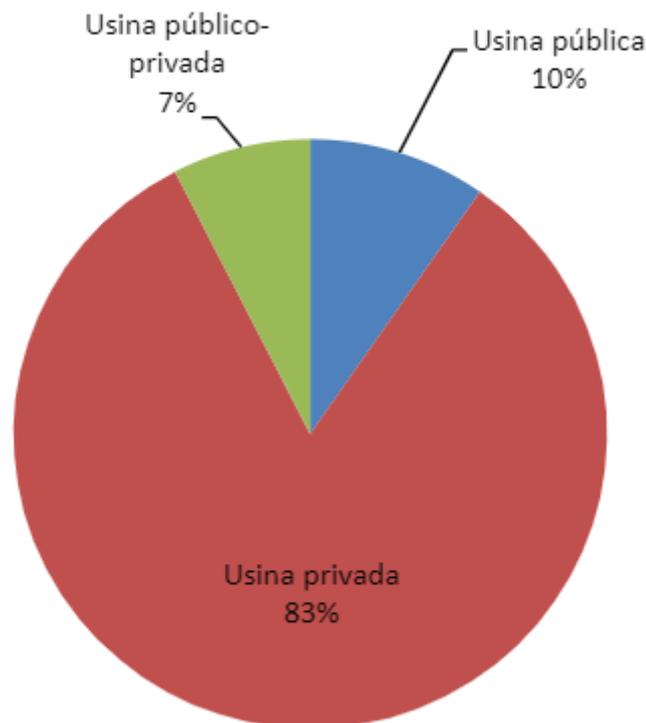


Gráfico 1 - Percentual de Usinas públicas e privadas. **Fonte:** MIRANDA *et. al*(2016).

Em níveis internacionais, as políticas públicas vigentes em países da Europa têm apresentado sinais há décadas, cuja média de reciclagem ultrapassa os 28% e mais expressivamente nos Países Baixos cuja média, ainda em 2000, a taxa de reciclagem já era de 90% (MDR,2022).

. No Brasil, segundo Nagalli (2014, p.6, *apud* Brasil, 2012b) “a meta é que todas as regiões do país estejam aptas a reciclar seus resíduos até 2027 por meio de unidades de recuperação, com eliminação das áreas de disposição irregular (bota-foras) até 2014”. Trata-se de uma preocupação mundial, tendo em vista os elevados volumes de RCD gerados. Conforme informou em sua publicação Wu et al (2019, *apud* Lu et al. 2017)) na China são gerados 1,13 bilhões de toneladas de resíduos somente da indústria da construção civil. Enquanto que nos Estados Unidos, em 2013 a massa chegou a 530 milhões de toneladas.

De forma geral, os RCD são vistos como resíduos de baixa periculosidade, tendo como principal impacto o grande volume gerado. Contudo, são de difícil degradação, além de possuir em sua composição materiais orgânicos, produtos perigosos e embalagens diversas que podem contaminar o solo e o lençol freático, bem como acumular água e favorecer a proliferação de insetos e de outros vetores de doenças (KARPINSKI, 2009).

De acordo com o Art. 13 da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010), os RCD são aqueles gerados nas construções, em reformas, em reparos e em demolições de obras de construção civil, bem como os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis. São definidos e classificados em quatro classes pela Resolução do CONAMA nº 307/2002(BRASIL, 2002), em função do seu potencial para serem reciclados ou reutilizados:

- Classe A - São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) De construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) De construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; c) De processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

- Classe B - São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras, gesso e outros;
- Classe C - São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação;
- Classe D - São os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos, lâmpadas fluorescentes, pilhas e baterias ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais, telhas de amianto e outros.

Para CSILLAG (2007), além da poluição visual, contaminação das águas superficiais e subterrâneas e do solo, o setor de construção civil se apropria de 75% de tudo o que se extrai do meio ambiente, considerando a concepção, aos insumos da obra, e da manutenção da edificação. E para a grande maioria dos municípios, a maior parte dos RCD é depositada em bota-foras clandestinos, nas margens de rios e córregos ou em terrenos baldios. A presença de Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) nas obras realizadas em municípios com menor número de habitantes ainda é uma barreira, devido à falta de infraestrutura, segundo Miranda *et. al* (2016), e como se observa no Gráfico 2. Quanto maior a infraestrutura por meio de usinas, maior será a presença de PGRCC nas obras.

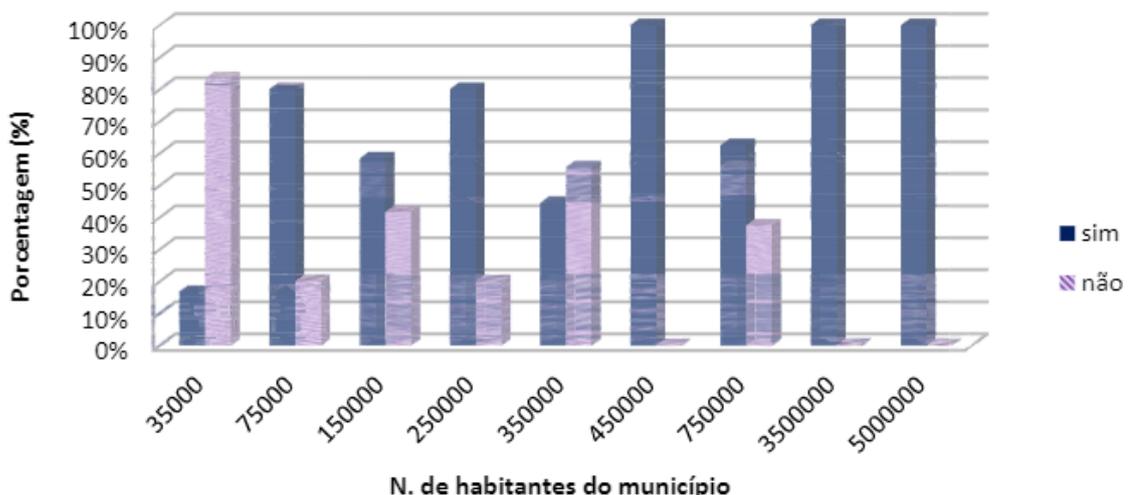


Gráfico 2 - Avaliação da presença de PGRCC nos municípios brasileiros em função do número de habitantes. **Fonte:** Miranda *et. al.*(2016).

É importante destacar que, mesmo havendo preocupação com o desenvolvimento de PGRCC's no Brasil, os maiores geradores de resíduos no país continuam sendo por meio de reformas ou obras informais, conforme demonstra Dias (2013, p.32, *apud* Pinto e González, 2005) na figura 1:

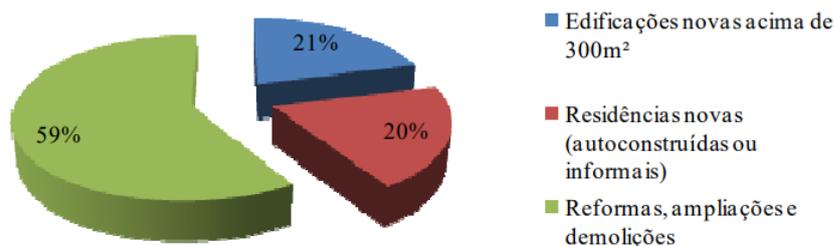


Gráfico 3 - Origens dos RCD em algumas cidades brasileiras (% massa) - **Fonte:** Dias (2013, *apud* Pinto e González, 2005).

3.2. FUNDAMENTAÇÃO LEGAL

Primeiramente, é preciso citar a Constituição Federal Brasileira que tangenciam o gerenciamento dos resíduos da construção civil. Destaca-se o Art.225 (Cap. VI – do Meio Ambiente), que dispõe:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. (Brasil, 1988, Art. 225)

De acordo com a resolução Conama nº 307, de 05 de julho de 2002, é necessário considerar a necessidade de implementação de diretrizes para efetiva redução dos impactos ambientais gerados pelos resíduos oriundos da construção civil, tendo em vista que a disposição de resíduos em locais inadequados contribui significativamente para a degradação da qualidade ambiental, e que os agentes geradores devem ser responsáveis por isto. Além disto, é preciso considerar a viabilidade técnica e econômica de produção e uso de materiais provenientes da reciclagem de resíduos da construção civil proporcionando benefícios de ordem social, econômica e ambiental. (Brasil, 2002)

A segregação, separação e correta destinação dos tipos de resíduos é apenas uma parte do que se propõe a lei. É necessário pensar em toda a cadeia produtiva, que se inicia nos projetos e especificação dos materiais de menores impactos ambientais, continua durante a obra, por meio de logística reversa (reaproveitamento do próprio resíduo gerado na própria obra) e reciclagem dos RCD como um dos fundamentos para que os impactos ambientais sejam reduzidos, até a utilização e manutenção do objeto construído que deve ser mantido com menores quantidades de resíduos. Esta visão sistêmica é percebida na forma da lei 12.305, de 2 de agosto de 2010 em que se cita as responsabilidades dos geradores, da coleta seletiva, e da logística reversa. (Brasil, 2010).

A elaboração e implementação do PGRCC, segundo determinação do CONAMA Resolução 307/02, é de responsabilidade dos geradores de resíduos, sejam elas pessoas físicas ou jurídicas. Portanto, devem-se existir instrumentos que monitorem, fiscalizem, e garantam o atendimento às legislações ambientais vigentes.

3.3. FUNDAMENTAÇÃO DOCUMENTAL

Para se estimar a quantidade de resíduos da construção que será gerada para a obra da maternidade, primeiramente é necessário ter em mãos os projetos e especificações, e principalmente a Planilha de Quantitativos, que irá definir, inclusive os valores da obra, pois, a Planilha Orçamentária leva em consideração os itens e serviços necessários para execução da edificação. A título de ilustração, para pintura de uma parede, em que se quantifica em metro quadrado (m^2), devem ser incluídos no serviço, além da própria tinta especificada em projeto, os itens para execução e os profissionais envolvidos, tais como lixas, massa de nivelamento, pincel, rolo, o pintor, ajudante, andaimes, etc. O mesmo raciocínio poderia ser aplicado para a instalação de pisos em porcelanato, telhado, volume de estrutura de concreto, e demais serviços.

A partir dos quantitativos dos itens, bem como dos insumos envolvidos no serviço, ou a composição dos itens, é possível prever os materiais empregados e os resíduos gerados, e posteriormente classificá-los, conforme se exige em lei, e que foi citado no capítulo anterior.

É importante observar que os itens constantes na Planilha de Encargos da SUDECAP já preveem a remuneração de serviços às empreiteiras pelas perdas ou sobra de materiais no processo de aplicação (Belo Horizonte, 2022). Hipoteticamente, e em caráter ilustrativo, para um ambiente projetado de $12m^2$ ($3m \times 4m$) revestido com porcelanato ($0,9m \times 0,9m$), já é prevista a perda de material ou o aproveitamento, já que é comum haver quebras do material, ou aproveitamento ruim devido às dimensões do ambiente em relação às peças. Esta perda não é remunerada na forma de aditivo de valor em contrato. Porém, este percentual de perda, não revelado na planilha de encargos, pode ter origens empíricas pelo histórico das obras da SUDECAP, já que não existiu estudo científico para esta definição. Portanto, este material desperdiçado, da maneira como é demonstrada na

planilha de encargos da SUDECAP, não é possível ser calculada, pois não é demonstrada. Consequentemente, previamente à obra, existe a dificuldade de se saber qual o volume de RCD, levando-se em consideração a Planilha de Quantitativos e os Projetos do empreendimento.

Do ponto de vista prático, considerando o volume de projetos a serem executados e que necessitam de estimativa de resíduos, motivo pelo qual este estudo se iniciou, fazer os cálculos por item de uma obra, pode não ser realizável. Ilustrou-se um exemplo hipotético para um serviço de revestimento em porcelanato, mas em um único empreendimento pode haver milhares de itens, com suas respectivas composições de custos, que se ramificariam em dezenas ou centenas de milhares de outros itens. Como seria possível calcular precisamente o volume de resíduo gerado na obra para cada um destes itens? E as embalagens de cada item, como estimar?

Além da própria quantificação do material demolido ou residual ao longo da obra, é necessário pensar que será necessário considerar profissionais preparados para orientar, controlar e fiscalizar todo este material que estará constantemente sendo manuseado, armazenado e transportado, tanto internamente no canteiro de obras, quanto para a destinação final. Para Nagalli (2014, p115):

A identificação e a caracterização dos resíduos, bem como a escolha de seus encaminhamentos, são, portanto, um serviço técnico a ser realizado por um agente especializado. Nesse sentido, essa tarefa não deve ser delegada a funcionários não qualificados para a função.

Será necessário que seja elaborada uma planta do canteiro de obras para que a obra possa ocorrer de forma organizada, levando em consideração toda a logística de construção e execução da edificação, bem como do recebimento e saída de material, e principalmente, da segurança dos empregados. Sobre a logística e funcionamento do canteiro de obras, Nagalli (2014, p86) afirma:

A quantificação dos resíduos é uma etapa fundamental dos processos de gerenciamento. É por meio da quantificação que é possível estabelecer, por exemplo, o tamanho dos recipientes, a frequência da coleta e a melhor forma de transporte (interno e externo). Resumindo, é o momento que se forma toda a logística de resíduos da obra.

Quanto mais detalhado for a quantificação dos resíduos, mais exitoso será o cumprimento do PGRCC ao final da obra.

4. METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos utilizados para esta pesquisa é um estudo de caso exploratório, de uma obra específica. Neste trabalho de conclusão de curso de especialização, como já mencionado, foi utilizada uma maternidade pública em Belo Horizonte – MG, cujos projetos foram desenvolvidos por empresa terceirizada, sob contrato fiscalizado pela SUDECAP, mas que não foram desenvolvidos estudos de quantificação dos resíduos que serão gerados ao longo da obra, nem o plano de gerenciamento de resíduos adequado à esta condição de obra.



Figura 1 - Ilustração da maternidade. **Fonte:** SUDECAP, (2014).

Neste estudo de caso foi feita uma análise da Planilha de Quantitativos, bem como dos Projetos e Memoriais Descritivos para avaliação de especificidades dos itens de serviços da obra. Posteriormente, foi feita a análise de composição dos itens para se verificar a viabilidade de se estimar o volume de resíduos gerados por cada insumo incluído no serviço. Nesta impossibilidade, foi feita a comparação com métodos mais dinâmicos e que demonstrem precisão e equivalência nos resultados.

No método de utilização dos itens de obra do empreendimento, usou-se como referência Nagalli (2014, *apud* Solís-Guzmán et al., 2009), que propõe modelo analítico das características geométricas de cada item da obra a fim de se obter o volume aparente construído.

Na Tabela 1, como exemplo de 1 (um) único item da planilha da obra (são 1034 itens no total), o serviço de pintura com tinta esmalte sintético acetinado, aplicado sobre massa de nivelamento e fundo preparador em esquadria de madeira, compõe de vários outros itens relativos a este serviço.

Tabela 1 - Exemplo de serviço de pintura do empreendimento.

Código	Compos.	Descrição	Un.	Consumo
17		Pintura		
17.25		Pintura esmalte sintético		
17.25.24		Acetinado c/massa óleo fundo br. esquadria madeira	M ²	1,000000
	55.10.05	Ajudante	H	0,200000
	55.10.81	Pintor	H	0,900000
	75.03.25	Tinta esmalte sintético premium acetinado	GL	0,056000
	75.15.10	Massa a óleo para madeira	GL	0,080000
	75.18.30	Selador para madeiras coral ou equivalente	GL	0,040000
	75.25.05	Solvente diluente a base de aguarrás - 0,9 litros	Lata	0,013000
	75.50.25	Lixa em folha para parede ou madeira, número 120 (cor vermelha)	UN	0,200000

Fonte: SUDECAP (2023).

Para cada 1,0m² da tinta descrita em uma superfície de madeira, foram considerados o tempo de trabalho dos profissionais envolvidos diretamente e a quantidade dos demais materiais para execução do serviço. Porém, este valor considera apenas a quantidade exata para execução do serviço, como se não houvesse desperdício ou resíduo algum gerado ao longo da execução da pintura, pois é fato que ocorrem sobras de materiais nos recipientes (fundo ou final das latas), pincéis e lixas desgastadas, e ainda, as embalagens. A este valor teria que ser acrescido o cálculo pesquisado por Solís-Guzmán (2009), nos casos de demolição, construção e embalagens para se obter os volumes de resíduos.

Em termos práticos, nota-se que este método de estimativa de resíduo por item de serviço se demonstra de muita complexidade, já que no universo da obra varia-se do volume de metros lineares de eletroduto ou tubulação hidráulica, a pincéis e rolos de tinta. Além de certos itens que são pré-fabricados, mas que não gerariam resíduos, como uma caixa d'água pré-moldada. E ainda, é provável que se obtenha resultados claramente imprecisos, devido à falta de histórico de amostragem da SUDECAP. Soma-se a isto, o fato de a SUDECAP não ter para todos os itens de sua Planilha de Encargos, memória de cálculo das composições de custo.

Outro método estudado, desenvolvido pelo próprio Nagalli (2014), busca “correlação entre alguns principais itens que interferem na geração de resíduos de uma obra”. Ele desenvolveu uma fórmula ajustada na realidade de cada obra, atreladas a fatores ou coeficientes relativos à gestão da construtora, cujo volume de resíduo será obtido conforme qualificação e tamanho da equipe, tipo de processo construtivo, e até mesmo ao rigor da fiscalização e cronograma da obra. Em uma obra pública, fazer previsão da qualidade de uma empresa executora é complexo, tendo em vista um processo isonômico licitatório, em que não se permite conhecer a empreiteira, ainda em fase de projetos e quantificação dos resíduos. Além da dificuldade de se calcular os volumes conforme os itens principais. Esta dificuldade se atrela ao método criado por Solís-Guzmán (2009). Portanto, ambos os métodos tiveram que ser descartados.

Em outro método utilizado, foi feito cálculo de amostragem para se verificar a proporção de volume gerado baseado nos dados apresentados pelo livro “Gerenciamento de Resíduos Sólidos na Construção Civil”, do professor Dr. André Nagalli, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Este livro

apresenta modelos que trazem parâmetros estatísticos baseados em estudos de casos, elaborados a partir do volume do material de construção a ser empregado em obra.

Este valor demonstrado na amostragem é comparado com método mais simples baseado em volume de resíduo gerado em relação à área ser construída do empreendimento, em que se considera um índice em relação à área a ser construída. Proposta descrita por Dias (2013, p.35, *apud* SAÉZ et al., 2012), na Tabela 2, em que se empregaram métodos para quantificar resíduos de construção em edifícios residenciais conforme tipo de RCD gerado no local da obra. Na pesquisa feita por Dias (2013), a amostragem para determinação dos valores demonstrados pela autora considerou dados reais de construtoras da região metropolitana da cidade de Porto Alegre/RS ao longo de 5 anos e de 20 obras concluídas, sendo que em quase todos os casos o sistema construtivo adotado é o mesmo da maternidade em estudo, que é estrutura em concreto armado moldado *in loco*, com alvenaria de vedação em tijolos ou blocos cerâmicos, ser edificações verticais e o estágio dedesenvolvimento em que se encontram as indústrias da construção civil em Minas Gerais e Rio Grande do Sul ser semelhante. Em seu estudo, foi feito um detalhado e minucioso trabalho de levantamento de dados e comparativos com outros três modelos descritos na literatura de Pinto (1999), Mália et al. (2011) e Saéz et al. (2012) aos levantados pelas obras pesquisadas e, com o modelo de sua autoria. Apesar do modelo de Dias (2013) ter sido mais fiel à realidade encontrada nas obras, houve congruência nos dados resultados pelos outros três métodos dos pesquisadores citados, sendo que Saéz *et. al* (2012) apresentou pequena margem de acerto em relação aos outros e apresenta melhor condição de atendimento aos parâmetros existentes ao projeto da SUDECAP, atualmente. Razão pela qual foi escolhido para o estudo em que se apresenta.

E em seguida, na Tabela 2, é apresentada a estimativa de volume gerado conforme cada especificação, proporcional à área construída do empreendimento (4901,60m²), sendo que i_1 (m³/m²) é o índice que relaciona o volume (m³) pela área (m²) do empreendimento. Este índice (i_1) foi identificado por Saéz *et. al.* (2012) em sua pesquisa de campo entre 2001 e 2005 para construções de edifícios na Espanha, e que serviu de referencial teórico para Dias (2013).

Tabela 2 - Referência para tabela de cálculo de indicador1.

Indicador1				
Tipo de RCD				
EWC código	Especificação	Vol. (m³)	Superfície construída (m²)	i1(m³/m²)
150101	Papel e papelão	20,87	4901,60	4,87x10 ⁻⁰³
170101	Concreto	53,43		1,09 x10 ⁻⁰²
170103	Telhas e materiais cerâmicos	56,86		1,16 x10 ⁻⁰²
170107	Mistura de concreto, tijolos, telhas e materiais cerâmicos não contaminados	42,74		8,72 x10 ⁻⁰³
170201	Madeira	101,95		2,08 x10 ⁻⁰²
170203	Plástico	4,10		8,36 x10 ⁻⁰⁴
170407	Metais diversos	10,73		2,19 x10 ⁻⁰³
150110	Embalagens contaminadas com materiais perigosos	11,81		2,41 x10 ⁻⁰³

Fonte: Adaptado de Dias (2013 – Página 36, *apud* SAEZ et al., 2012).

Para a Tabela 4, a estes valores apresentados na Tabela 2 foram somadas frações referentes às instalações do canteiro de obras. E os dados referentes aos Resíduos de Demolição e Movimentação de Terra, foram considerados do projeto de Terraplenagem produzido pela empresa contratada.

E para que fosse possível calcular o peso (toneladas) a partir do volume (m^3) gerado para cada tipo de RCD foi utilizada a Tabela 3 fornecida por Pinto (2005), em que se demonstram as densidades por tipo de material.

Tabela 3 - Densidade aparente (T/m^3) dos resíduos de construção.

Resíduo	Densidade aparente (t/m^3)
Concreto	1,200
Alvenaria	0,831
Madeira	0,178-0,250
Gesso	0,594-1,000
Gesso acartonado	0,208
Papel	0,013-0,070
Plástico	0,070
Vidro	2,500
Metal	0,100
Misto	0,890-1,720

Fonte: Pinto (2005).

É importante considerar, que cada item da obra sofre do fator de empolamento, em maiores ou menores graus, como por exemplo, demolição ou movimentações de terra. Este cálculo deve ser considerado na análise comparativa e na viabilidade de cada caso a ser estudado.

Obviamente, que o volume de resíduo gerado não levará em consideração outros parâmetros que não podem ser mensurados apenas com base em projetos, mas que impactam significativamente no resultado final, que é a qualidade dos serviços e qualidade da empreiteira. Pois estes últimos irão determinar, não somente o volume final de RCD gerado, como também o cumprimento do prazo da obra, que impactam em maior quantidade de transporte e tempo de aluguel de caçambas, por exemplo.

Tabela 4–Resumo geral da estimativa de resíduos a serem gerados pela obra.

Classe	Tipo de Resíduos	Volume (m³)	Peso (ton.)	Tecnologia para Destinação
A	Demolição	209,99	174,51	Usina de Reciclagem RCD Aterro de Inertes Área de Transbordo e Triagem – ATT
	Solos	4050,01	6075,02	Aterro de Inertes
	Cerâmicas	60,15	49,99	Usina de Reciclagem de
	Concreto	56,57	1,20	RCD
	Resíduos de alvenaria	45,22	0,89	Aterro de Inertes ATT
B	Papel e papelão	25,28	0,33	Usina de Reciclagem Associações de catadores
	Madeira	107,86	19,20	Coprocessamento (fonte energética)
	Plástico	4,34	0,30	Usina de Reciclagem Associações de catadores
	Metais	11,05	1,11	Usina de Reciclagem Associações de catadores Coprocessamento
	Podas e supressões	12,48	7,49	Compostagem Reaproveitamento Reciclagem
	Gesso	34,36	7,15	Usina de Reciclagem Coprocessamento (cimenteiras)
	Sacos de cimento	3,15	0,04	Usina de Reciclagem Coprocessamento (fonte energética)
D	Embalagens contaminadas	12,51	0,06	Aterro de Resíduos Perigosos

Fonte: SUDECAP (2019)

A metodologia ainda foi confrontada com a Quadro 1, que também serviu de parâmetro para a própria Tabela 4, que sugere as destinações de cada tipo de resíduo, bem como para a distribuição dos RCD ao longo da obra.

Quadro 1 - Identificação de RCD por etapas da obra e possível reaproveitamento
(continua)

Fases da obra	Tipos de RCD gerados	Possível reutilização no canteiro	Possível reutilização fora do canteiro
Limpeza do terreno	Solo Rochas, vegetação, galhos	Reaterros -	Aterros -
Montagem do canteiro	Blocos cerâmicos, concreto (areia; brita)	Base de piso, enchimentos Formas/ escoras/ travamentos (gravatas)	Fabricação de agregados Lenha
	Madeiras		
Fundações	Solos	Reaterros	-
	Rochas	Jardinagem, muros de arrimo	Fabricação de agregados
Superestrutura	Concreto (areia; brita)	Base de piso; enchimentos	Fabricação de agregados
	Madeira	Cercas; portões	Lenha
	Sucata de ferro, fôrmas plásticas	Reforço para contrapiso	Reciclagem
Alvenaria	Blocos cerâmicos, blocos de concreto, argamassa	Base de piso, enchimentos, argamassa	Fabricação de agregados
	Papel, plástico	-	Reciclagem
Instalações Hidrosanitárias	Blocos cerâmicos	Base de piso, enchimentos	Fabricação de agregados
	PVC; Ppr	-	Reciclagem

Fonte: Lima e Lima (2017)

Quadro 2 - Identificação de RCD por etapas da obra e possível reaproveitamento
(conclusão)

Fases da obra	Tipos de RCD gerados	Possível reutilização no canteiro	Possível reutilização fora do canteiro
Instalações	Blocos cerâmicos	Base de piso, enchimentos	Fabricação de agregados
Elétricas	Conduites, mangueira, fio de cobre	-	Reciclagem
Reboco interno/externo	Argamassa	Argamassa	Fabricação de agregados
Revestimentos	Pisos e azulejos cerâmicos	-	Fabricação de agregados
	Piso laminado de madeira, papel, papelão, plástico	-	Reciclagem
Forro de gesso	Placas de gesso acartonado	Readequação em áreas comuns	-
Pinturas	Tintas, seladoras, vernizes, textura	-	Reciclagem
Coberturas	Madeiras	-	Lenha
	Cacos de telhas de fibrocimento	-	-

Fonte: Lima e Lima (2017)

Portanto, posteriormente à quantificação e qualificação do RCD, foi feita avaliação de cronograma físico da obra, desenvolvida pela empresa terceirizada para que fosse possível estimar os tipos e volumes de resíduos gerados ao longo da obra, conforme preconiza a Resolução 307/2002 do CONAMA, e assim, estabelecer um plano de gerenciamento de resíduos, e então, feita a distribuição dos volumes de RCD gerados ao longo da previsão de duração da obra, descrita na Tabela 5.

Tabela 5 - Simulação da distribuição de volume (m³) de RCD ao longo da execução da obra.

(continua)

Período	Mês										
Tipo de resíduo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Resíduos de demolição sem mercúrio, materiais perigosos		168,00	42,00								
Solo sobre rochas sem substâncias perigosas		810,00	2025,01	1215,00							
Telhas e materiais cerâmicos	1,32	1,98	2,13	3,91	4,62	4,26	4,80	3,55	2,49	3,02	2,31
Concreto	1,26	1,88	2,00	3,67	4,34	4,01	4,51	3,34	2,34	2,84	2,17
Mistura de concreto, tijolos, telhas e cerâmicos não contaminados	0,99	1,49	1,60	2,94	3,47	3,21	3,61	2,67	1,87	2,27	1,74
Papel e papelão	0,59	0,89	0,74	1,35	1,56	1,39	1,96	1,93	1,67	2,07	1,74
Madeira	2,49	3,73	3,18	5,78	6,67	5,94	8,38	8,26	7,15	8,33	6,60
Plástico	0,10	0,15	0,13	0,23	0,27	0,24	0,34	0,33	0,29	0,35	0,27
Metais diversos	0,14	0,21	0,33	0,61	0,70	0,63	0,88	0,87	0,75	0,93	0,69
Extração de indivíduo arbóreo			12,48								
Gesso	0,06	0,09	1,07	1,94	2,24	2,00	2,82	2,78	2,41	2,97	2,22
Embalagens contaminadas com materiais perigosos	0,29	0,44	0,37	0,67	0,77	0,69	0,97	0,96	0,83	1,02	0,76

Fonte: SUDECAP (2019)

Tabela 5 - Simulação da distribuição de volume (m³) de RCD ao longo da execução da obra.

(conclusão)

Período	Mês	Total	Classe						
Tipo de resíduo	12	13	14	15	16	17	18		
Resíduos de demolição sem mercúrio, materiais perigosos								209,99	
Solo sobre rochas sem substâncias perigosas								4050,01	
Telhas e materiais cerâmicos	2,13	3,20	4,26	4,26	3,91	3,73	4,26	60,15	A
Concreto	2,00	3,01	4,01	4,01	3,67	3,51	4,01	56,57	
Mistura de concreto, tijolos, telhas e cerâmicos não contaminados	1,60	2,40	3,21	3,21	2,94	2,80	3,21	45,22	
Papel e papelão	1,28	1,40	1,21	1,09	1,24	1,69	1,65	25,28	
Madeira	5,47	5,99	5,17	4,66	5,30	7,21	7,07	107,86	
Plástico	0,22	0,24	0,21	0,19	0,21	0,29	0,28	4,34	
Metais diversos	0,58	0,63	0,54	0,49	0,56	0,76	0,74	11,05	B
Extração de indivíduo arbóreo								12,48	
Gesso	1,84	2,02	1,74	1,57	1,78	2,43	2,38	34,36	
Embalagens contaminadas com materiais perigosos	0,63	0,69	0,60	0,54	0,61	0,84	0,82	12,51	D

Fonte: SUDECAP (2019)

Por este modelo de distribuição de resíduos demonstrada nas Tabela 5, será possível provisionar os modelos e sistemas de acondicionamento dos resíduos no canteiro de obras, e é coerente com o conceito defendido pelo pesquisador Dias (2013):

Nas fases iniciais, grande parte dos resíduos é de material reciclável enquanto ao final da construção as quantidades totais de resíduos aumentam, porém, a proporção do material reciclável diminui. O modelo desenvolvido pode ajudar os gestores no rastreamento das quantidades de resíduos retiradas do local, proporcionando assim indicação de qualquer desperdício anormal no decorrer das atividades.

Por fim, após a quantificação dos RCD distribuídos ao longo do período da obra, é necessário desenvolver uma planta prévia do canteiro de obras para que se verifique a viabilidade de toda a logística da obra, considerando também o armazenamento e o transporte dos resíduos gerados.

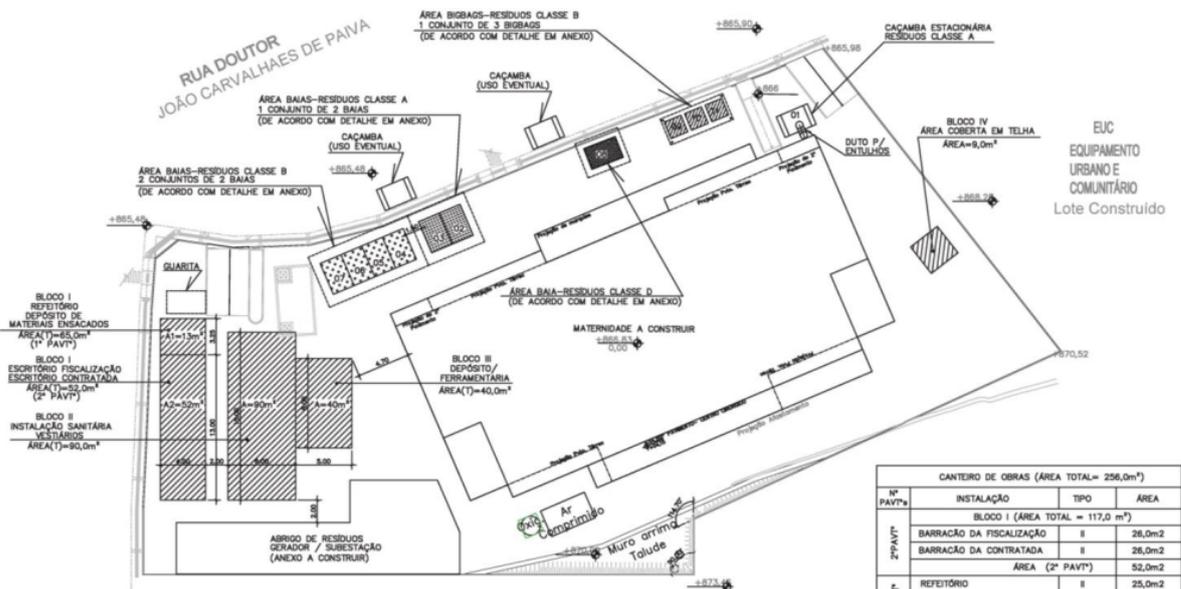


Figura 2 - Planta ilustrativa de canteiro da obra. **Fonte:** Arquivo SUDECAP (2019).

O acondicionamento dos RCD deve levar em consideração as estruturas para acondicionamento dos resíduos da obra da maternidade. A Figura 3 e o Quadro 2 ilustram modelos de estruturas comerciais existentes.

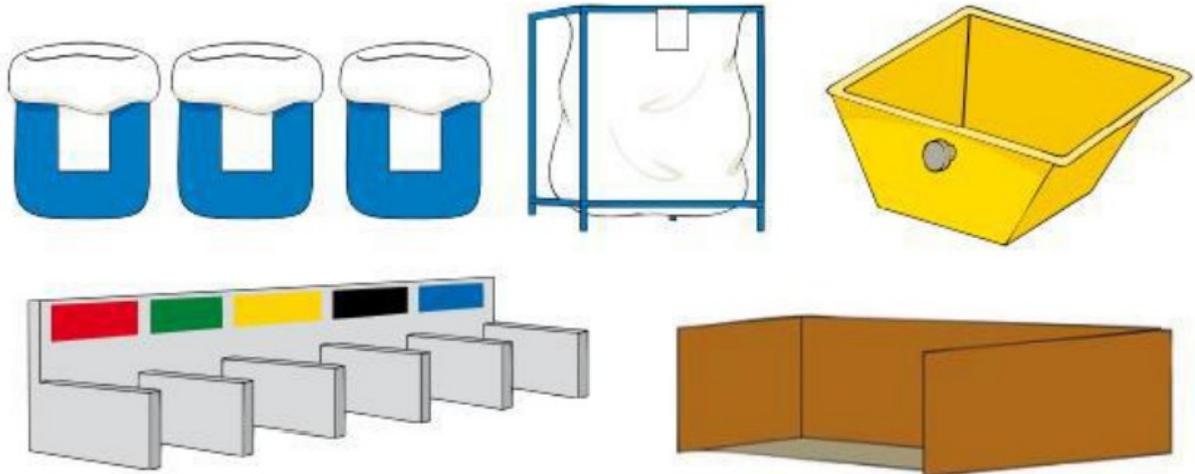


Figura 3 - Exemplos de estruturas de armazenamento de resíduos. **Fonte:** Joinville (2022)

Quadro 3 - Estruturas para acondicionamento dos resíduos da obra

Classe	Tipo de Resíduo	Estruturas de Acondicionamento
A	Demolição	Baias e caçambas
	Solos	Baias e caçambas
	Cerâmicas	Baias e caçambas
	Concreto	Baias e caçambas
	Resíduos de Alvenaria	Baias e caçambas
B	Papel e papelão	Coletores compatíveis com o volume de material gerado e baias
	Madeira	Coletores para as aparas e baias para as peças de maior volume
	Plástico	Coletores compatíveis com o volume de material gerado e baias
	Metais	Coletores resistentes ao resíduo e baias
	Podas e supressões	Baias e caçambas
D	Gesso	Coletores estanques (ex. bombonas), que impeçam o contato com água, e baias ou caçambas fechadas
	Sacos de cimento	Enfardados e colocados em baias
	Embalagens contaminadas com materiais perigosos	Baia de resíduos perigosos

Fonte: SUDECAP (2019)

Foram feitas ainda, buscas por soluções atuais realizadas em capitais do Brasil para se comparar a metodologia adotada pelos principais órgãos municipais. Na prefeitura de Curitiba, existe um item que trata sobre quantificação de RCD. No item I, art.17, capítulo IV do Decreto Municipal nº 1.068/2004, denominado Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduo da Construção Civil do Município de Curitiba, instrui: “Caracterização: nesta etapa o gerador deverá identificar e quantificar os resíduos.”O Decreto não informa ou direciona tecnicamente como realizar esta complexa quantificação. Mas a Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Curitiba (CURITIBA, 2013. cap. 5.5.1, pg. 14) publicou em 2015 o Manual de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil:

Para caracterizar e prever o quantitativo de resíduos gerados na fase de construção, o responsável técnico deve conhecer muito bem o projeto da edificação. A execução de uma edificação nova, finalizada em todas as suas etapas, seja ela com finalidade comercial, residencial ou industrial, executada pelo método construtivo tradicional ou com elementos pré-fabricados, ou qualquer outro método, GERA TODAS AS CLASSES DE RESÍDUOS da construção civil. A diferença consiste no tipo específico de resíduos e no volume gerado de cada classe. Atualmente, alguns estudos apresentam índices para cálculo de estimativas de geração de resíduos na construção civil (NAGALI, 2014). Porém, estes índices podem variar, de acordo com o método construtivo empregado, padrão de acabamento de empreendimento, finalidade da construção, equipe executora, nível de treinamento e capacitação dos funcionários, entre outros fatores.

Este manual aborda de maneira resumida as questões que envolvem a importância do gerenciamento de RCD, bem como planejamento, a classificação, acondicionamento, transporte, destinação final, capacitação, e relatório e monitoramento do PGRCC. No que tangencia o tema da presente pesquisa, a quantificação de RCD, o manual sugerido aborda o assunto de modo simplificado tendo em vista o reconhecimento da enorme quantidade de variáveis que definem o resultado da diferença entre os volumes de resíduos estimados aos produzidos de fato ao longo da obra.

A Prefeitura Municipal de Florianópolis, por meio do Plano Municipal de Coleta Seletiva, baseada em sua Lei Complementar nº 305/2007 (que dispõe sobre a Política Municipal de Resíduos da Construção Civil, Vegetais e Volumosos e o Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos da Construção Civil, Vegetais e Volumosos no Município de Florianópolis e dá Outras Providências), cita a metodologia adotada na tese de doutorado de Tarcísio de Paula Pinto, Metodologia

para Gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Urbana, como sugestão de estimativa dos RCD à partir de estimativa de área construída (inclui serviços executados e perdas efetivas), ou método indireto. O método indireto “leva em consideração 150kg de resíduos por cada metro quadrado de área construída, sabendo-se que cada metro cúbico de resíduo contém 1,2 toneladas de entulho” (Florianópolis, 2015). No entanto, esta metodologia não faz a separação por classe de RCD, mas de acordo com Pinto (1999), em sua Tese, “a expectativa que pode ser traçada é a de que existe coincidência entre os materiais com maiores índices de perda e a composição dos resíduos deslocados dos canteiros de obra.” Ou seja, ele relaciona o total gerado a uma tabela de composição dos resíduos de construção e/ou demolição em localidades diferentes no Brasil, ampliando as grandes variáveis na geração de RCD, tais como, técnicas construtivas, mão de obra, e naturais (clima e topografia). Do total de 100% calculado pela estimativa do método indireto compõe, segundo Pinto (1999, pg. 19): “(...) argamassas 64%, concreto 4,2%, tijolos 18%, (...)”. Metodologia semelhante ao que se utilizou para a presente pesquisa da maternidade em Belo Horizonte.

A mesma condição é sugerida pela Prefeitura Municipal de Santo André (SP), por meio da SEMASA – Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André, que sugere o cálculo idealizado em 1999 por Tarcísio de Paula Pinto: “Para o cálculo de quantidade de resíduos, em peso, multiplicar a área total a ser construída (m^2), por $150kg/m^2$ ” (Santo André (SP), 2022). Ao valor calculado encontrado (kg), adota-se o peso específico médio de $1.300 kg/m^3$ para se identificar o volume (m^3), e uma tabela de Classe de RCD, sendo:

- Classe A (alvenaria, argamassa e concreto): 60%
- Classe A (solo proveniente de limpeza): 20%
- Classe B (Madeira): 10%
- Classe B, C e D: 10%

Em estudo realizado por RIBEIRO et al. (2019) no município de Maceió/AL, sobre a quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil na referida cidade, não é indicada a metodologia de quantificação ou uma técnica de estimativa, porém, dá indícios médios para se atribuir valores, com base no cenário específico da mão de obra da cidade. Conforme Ribeiro et al. (2019), “Estima-se que

Maceió gera 817,6 t/dia de RCC, o equivalente a 0,8 kg/hab/dia. Deste total, 82% é composto por resíduos de Classe A e 15% Classe B, os 3% restantes inclui resíduos C, D e outros.” Os pesquisadores também fazem referência ao estudo de Pinto et al. (1999), em que:

O indicador de estimativa da quantidade total de resíduos gerados pode ser determinado com base em indicadores de perdas, fruto de pesquisas realizadas em diversas cidades brasileiras, de onde se concluiu que o quantitativo de resíduos a serem removidos durante o processo construtivo é estimado em 0,15 t/m² de área construída, de acordo com a metodologia apresentada por Pinto (1999), e adotado também por Prata (2013), Cardoso et. al. (2014) e Helena (2018).

Em Santos, no estudo feito por Helena (2018), chegou-se ao valor de “452,22 toneladas por dia, sendo 1,05kg por habitante ao dia.” Pelo mesmo método utilizado por Pinto (1999), poderia ser sugerida a classificação percentual dos RCD média de uma obra na cidade.

E em outro estudo feito no Estado de São Paulo em algumas cidades, Angulo, et al. (2011) afirma que “os resíduos de reforma correspondem a 82% da massa do RCD gerado no município. Essa realidade é confirmada para a maioria dos municípios paulistas investigados pelo Ministério das Cidades (PINTO, et. al., 2005).” Além disto, afirma que a geração média de RCD em kg/habitantes, apresenta relação com o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), o que representa mais uma variável em relação ao resultado final de quantificação prévia de resíduos para uma obra.

Como já foi dito anteriormente, as variáveis construtivas de cada região também determinam o resultado dos RCD. Da mesma forma poderia se concluir em relação a outros países. Nagalli (2014) afirma em sua pesquisa que existem estudos espanhóis que “mostram geração de RCDs da ordem de 120kg/m² para novas construções”. Enquanto que na China “reportam taxa de geração de resíduos de 47kg/m²” aponta Nagalli (2014, *apud* Li et. al., 2013). Os valores, além de diferentes dos 150kg/m² apontada por Pinto (1999), e que são utilizadas como referência de parâmetro de quantificação de resíduos em alguns municípios no Brasil, tratam-se de classes de resíduos diversos às nossas técnicas e materiais construtivos empregados.

E podemos observar um grande movimento mundial em torno da preocupação com os RCD. Conforme C. Z. LI et al.(2020), em sua pesquisa por

artigos relacionados ao assunto ligados a resíduos da construção nos mais variados países, 57 importantes artigos foram publicados nos últimos 4 anos, e que foram analisados por eles. E entre estes artigos, o que havia em comum é o uso da tecnologia para a gestão de resíduos, tanto em fase de projeto, quanto em obra e pós-ocupação do objeto construído, sendo que a mais predominante foi a ferramenta *Building Information Modeling*(BIM), ou Modelagem da Informação da Construção. Dentre estes artigos analisados, puderam perceber que o BIM, tem sido uma importante ferramenta para redução dos desperdícios de materiais, devido a simulações prévias na modelagem dos projetos, bem como na gestão dos RCD, o que tem atraído a atenção considerável de pesquisadores. A pesquisa ainda cita dois exemplos do uso da tecnologia BIM no que se refere RCD, que é Won et al.(2016), que desenvolveram sistema de verificação de erros de projeto, resultando em 4,3% a 15,2% a menos de resíduos. Enquanto que Cheng e Ma (2013) desenvolveram um sistema de estimativa e planejamento de resíduos em BIM, em que se fornece informações detalhadas dos volumes de RCD por Classe e tipo de material, estimando quantidade de resíduos recicláveis e volume a ser transportado.

Acredita-se que o BIM, por ser uma ferramenta colaborativa entre os projetistas do empreendimento também reflete em um melhor desempenho na gestão de resíduos para as novas edificações. Porém, sugere-se que as edificações existentes também sejam modeladas, tendo em vista que o processo de reconstrução, reformas ou demolição, tem maior volume de resíduos comparados a edificações novas, como foi apontado anteriormente na Figura 1.

E em linhas gerais, as novas ferramentas tecnológicas estão sendo disponibilizadas, implementadas e aperfeiçoadas como um enorme banco de dados mundial podendo fornecer recursos para pesquisas futuras sobre resíduos, em qualquer nível de construção.

5. CONCLUSÕES

É possível concluir que as leis se direcionam para o caminho progresso ao desenvolvimento da sustentabilidade ambiental, todavia, ainda não se desenvolveu uma cultura precisa de avaliação dos dados a serem obtidos em fase de projetos, no que se refere à previsão dos resíduos a serem gerados em obra, principalmente em obras públicas no Brasil, em que se exigem precisão nos valores a serem licitados em obra e objeto definidos, a fim de se evitar imprevistos, aditivos de valores, e danos ao erário.

Ao se iniciar a avaliação item a item de cada composição relativo aos serviços, chega-se à conclusão que não se pode ter certeza na precisão dos resultados, mesmo que os cálculos de resíduos gerados sejam feitos individualmente, já que não existe literatura específica que possa embasar a assertividade do maior volume de trabalho. Seria necessária a criação de bases de dados específicos para volume (m^3) de resíduos gerados para metros lineares fios de cobre, ou tubos de PVC, ou até mesmo de agarrás, por exemplos.

Já é sabido que a média do volume de empolamento ao se escavar o terreno é obtida por observação empírica. E que, por esta razão, este valor base para vários cálculos de projetos de terraplenagem ou demolição. Um valor médio de volume gerado por classe de resíduos, e com base em tipos de construção (rodovia, edificação, ponte, canalização, e outras obras), pode servir como base para construção de parâmetros estatísticos para se definir melhores resultados futuros e de melhor aplicabilidade em fase de projetos.

De todo modo, os valores obtidos nesta pesquisa servem como referência para que se chegue à conclusão de que é possível se estimar de forma prática e estimada os RCD dos projetos existentes da SUDECAP, assim como foi feito para este estudo da maternidade, e ainda, dentro de parâmetros adotados pela comunidade científica. Porém, cabe à SUDECAP, implementar estudos de gestão dos dados das obras, para que a quantificação dos resíduos sejam cada vez mais assertivos à realidade da obra.

Um ponto importante a ser considerado neste estudo, tendo em vista que na fase de projeto não foi previsto, é o reaproveitamento do resíduo na própria obra, o que impactaria no menor volume de RCD a ser transportado para fora da obra.

Vale ressaltar que neste estudo, não foi feito o levantamento de quantitativos dos materiais necessários para acondicionamento, transporte, ilustradas na Figura 5 e no Quadro 1, cujas quantidades também são essenciais para cumprimento das condicionantes legais e ambientais. Pois a pesquisa se restringiu ao dimensionamento dos volumes de RCD.

Outro detalhe muito importante para que o resultado esperado da prévia quantificação seja equivalente ao obtido durante a obra, além das variáveis já mencionadas, dentre elas a qualificação da mão de obra, é o treinamento e a sinalização. É muito importante que os funcionários sejam devidamente treinados e se tornem conhecedores da classificação dos resíduos, não somente para correta execução da segregação dos RCD como também pela importância ambiental que esta tarefa representa, que é o objetivo fim de todo o processo de gestão dos resíduos. Juntamente com o treinamento, a sinalização e gestão caminham juntos para que a lembrança da consciência ambiental esteja sempre presente nas tarefas diárias da obra. E seria muito importante que se estabelecesse valores máximos na geração de resíduos na obra, prevendo penalidades às empreiteiras, tendo em vista os impactos ambientais. Em contraponto, poderiam ser criados mecanismos de apoio a empresas que consigam melhorar os valores previstos no quantitativo de RCD.

Por fim, é necessário que a SUDECAP evolua no desenvolvimento dos futuros projetos para que os custos levantados pela geração de RCD sejam reduzidos. É preciso criar uma cultura coletiva na busca por melhor gestão dos resíduos da construção. Por meio desta pesquisa, fica evidente que a qualidade dos projetos leva a menores custos de obra e principalmente impactos socioambientais ao município de Belo Horizonte.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. S. T.; MELO, M. C. de; BOARETO, M. D.; REZENDE, R. M.. Análise da correlação do volume de resíduos sólidos provenientes da construção civil com o produto interno bruto para os municípios no estado de Minas Gerais. **Revista Augustu**. v.24, n. 49, p. 320-331. Rio de Janeiro, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.15202/1981896.2019v24n49p320>

ÂNGULO, Sergio C.; TEIXEIRA, Claudia E.; de CASTRO, Alessandra L.; NOGUEIRA, Thais P.. **Resíduos de Construção e Demolição: Avaliação de Métodos de Quantificação**. São Paulo/SP, 2011. Disponível em:
<<https://www.scielo.br/j/esa/a/txmPSM6GMyNLpShXRgrzc5J/?lang=pt&format=pdf>>.
Acesso em: 02/01/2023.

BELO HORIZONTE, **Relatório de Composições**, 07/12/2022. Disponível em:
<<https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-e-infraestrutura/2022.10%20-%20COMPOSI%C3%87%C3%95ES%20CONSTRU%C3%87%C3%83O.xlsx>>.
Acesso em: 30/12/2022.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, 1988.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília 03 ago. de 2010. Disponível em:
<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>> Acesso em: 07 dez. de 2021.

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

CARDOSO, A.; GALATTO, S.; GUADAGNIN, M. Estimativa de Geração de Resíduos da Construção Civil e Estudo de Viabilidade de Usina de Triagem e Reciclagem. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, n. 31, p. 1-10, 31 mar. 2014.

CSILLAG, D. **Análise das Práticas de Sustentabilidade em Projetos de Construção Latino Americanos**, São Paulo, 2007.

DIAS, M. F. **Modelo para estimar a geração de resíduos na produção de obras residenciais verticais**. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo. 2013. 100p.

EWC. **European Waste Catalogue And Hazardous Waste List**. 2002. Disponível em:
<<http://regenwaste.com/site/wp-content/uploads/2020/04/Legislation.pdf>>. Acesso em: 29/12/2022.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - FEAM. **Resíduos da Construção Civil – RCC**. Disponível em: <<http://www.feam.br/residuos-solidos/residuos-da-construcao-civil-rcc>>. Acesso em: 29/12/2022.

HAMASSAKI, Luiz Tsuguo. **Processamento do lixo – Reciclagem de Entulho**. In: D'ALMEIDA, Maria Luiza Otero; VILHENA, André (Coord.). Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado. 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT/Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRE, 2000. Cap. 4, p. 179-189.

HELENA NG, M. **Estimativa da geração de resíduos de construção e demolição no município de Santos – SP**. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia (CONTECC). Anais. Maceió - AL, 2018.

JOHN, Wanderley M. **Reciclagem de resíduos na construção civil**: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. 113 f. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

KARPINSKI, Luisete Andreis et al. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil**: uma abordagem ambiental. Porto Alegre: Edipucrs, 2009. 163 p.

LIMA, Giseli Barbosa de. **Modelo para estimar a geração de resíduos na produção de obras comerciais verticais**. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo. 2017. 96f.

LIMA, Rosimeire S.; LIMA, Ruy R. R. **Resíduos Sólidos – Série de Cadernos Técnicos. Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná (CREA-PR)**. Paraná, 2017. Disponível em: <<https://www.crea-pr.org.br/ws/wp-content/uploads/2016/12/residuos-solidos.pdf>>. Acesso em: 02/01/2023.

Lu, W., Webster, C., Peng, Y., Chen, X., Zhang, X., 2017. **Estimating and calibrating the amount of building-related construction and demolition waste in urban China**. Int. J. Constr. Manag. 17 (1), 13–24.

MARQUES NETO, José da Costa. **Gestão dos Resíduos de Construção e Demolição no Brasil**. São Carlos: Rima, 2005. 162 p.

Ministério do Desenvolvimento Regional – MDR. **Panorama dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD) no Brasil**. Disponível em: <https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/Panorama_dos_residuos_da_construcao_no_Brasil.pdf>. Acesso em: 29/12/2022

MIRANDA, L. F. R.; TORRES, L.; VOGT, V.; BROCARD, F. L. M.; BARTOLI, H. **Panorama atual do setor de reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil**. São Paulo: XVI ENTAC, 2016.

NAGALLI, André. **Gerenciamento de Resíduo Sólidos na Construção Civil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

OLIVEIRA, Edielton Gonzaga, **Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e Demolição**: Estudo de Caso da RESOLUÇÃO 307 DO CONAMA. 2008. 114 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) UFG – GOIÁS.

PINTO, T. P. et al. **Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil - A experiência do SindusCon-SP**, São Paulo, 2005.

PRATA, V. do C. **Gestão de resíduos da construção civil na zona urbana do Município de Lagarto - SE: do diagnóstico a uma proposta de Modelo gerencial**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão - Sergipe, 2013.

PINTO, T.P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 190 p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

PINTO, T.P.; GONZÁLEZ, J.L.R. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil**. Volume 1 - Manual de orientação: como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios. Brasília : CAIXA, 2005.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. **Manual de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil**. Curitiba, 2015. Disponível em: <<https://mid.curitiba.pr.gov.br/2016/00178995.pdf>>. Acesso em: 02/01/2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS. **Plano Municipal de Coleta Seletiva**. Florianópolis, 2015. Disponível em: <https://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/24_08_2016_15.36.57.23013252c646c5ba3ea5a6d2fc485d5e.pdf>. Acesso em: 02/01/2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE. **Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil PGRCC – Jardim Di Stuttgart Incorporações SPE Ltda**. Disponível em: <<https://www.joinville.sc.gov.br/wp-content/uploads/2019/07/Plano-de-Gerenciamento-de-Res%C3%ADduos-da-Constru%C3%A7%C3%A3o-Civil-PMGRC-EIV-Parque-Jardim-di-Stuttgart.pdf>>. Acesso em: 29/12/2022.

RIBEIRO, Angélica K. dos S. P.; MARQUES, Sheyla K. J.; RIBEIRO, Igor B. G.; MAIA, StocioM.F. **Quantificação e Classificação dos Resíduos Procedentes da Construção Civil no Município de Maceió – AL**. Maceió-AL, 2019.

SÁEZ, P.V.; MERINO, M. Del R.; PORRAS-AMORES, C. Estimation of construction and demolition waste volume generation in new residential buildings in Spain. **Waste Management & Research**, v.30, n.2, p. 137–146, 2012.

SOLIS-GUZMAN, J.; MARRERO, M.; MONTES, M.V.; RAMIREZ-DE-ARELLANO, A. **A Spanish model for quantification and management of construction waste**. *Waste Management*. V.29(9), 2542–2548, 2009.

WU Z.; YU Ann T.W.; POON C. S.; **An off-site snapshot methodology for estimating building construction waste composition - a case study of Hong Kong**. Elsevier. *Environmental Impact Assessment Review*. 2019.