

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

ISADORA CUTHI MICHEL

**DESENVOLVIMENTO DE PARÂMETROS PARA ESTIMATIVA DE
GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO DE EMPREENDIMENTOS
HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL COM SISTEMA CONSTRUTIVO
PAREDE DE CONCRETO**

São Leopoldo

2022

ISADORA CUTHI MICHEL

**DESENVOLVIMENTO DE PARÂMETROS PARA ESTIMATIVA DE
GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO DE EMPREENDIMENTOS
HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL COM SISTEMA CONSTRUTIVO
PAREDE DE CONCRETO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Orientadora: Prof. Dra. Andrea Parisi Kern

São Leopoldo

2022

Dedico este trabalho à minha família.

RESUMO

A construção civil é um dos segmentos que mais cresce no mercado e tem grande influência no produto interno bruto do país. Desta forma, o resíduo de construção e demolição (RCD) se torna um dos grandes problemas para essa indústria, já que sua crescente é proporcional. Outros trabalhos buscam a diminuição da geração destes resíduos, mas para esse gerenciamento ser mais eficaz é preciso saber a quantidade que está sendo gerado de resíduo, para criar metas de controles e minimização. Este trabalho consiste no desenvolvimento de parâmetros para quantificação os resíduos gerados na construção de condomínios de habitação de interesse social com o sistema construtivo de parede de concreto de uma empresa construtora que atua na região metropolitana de Porto Alegre/RS. A partir de tabelas realizadas durante a execução das obras para realizar o pagamento das empresas que transportam e destinam os resíduos, foram coletados dados de seis obras finalizadas, sendo todas da mesma construtora e sistema construtivo sendo parede de concreto, utiliza-se as variáveis de projeto arquitetônico e produção para realizar rodadas de regressão, até o R^2 obtido ser satisfatório. Os resultados, a partir dos parâmetros gerados com o R^2 , indicam que as variáveis investigadas demonstram relação com a geração de resíduos e que os parâmetros podem ser utilizados para estimar a quantidade de resíduos gerado em obras similares às amostras.

Palavras-chave: Resíduo de Construção e Demolição. Parâmetros para Quantificar Geração de Resíduos. Estimativa de resíduos de construção. Parede de concreto.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Origem do RSCD	17
Figura 2 - Coleta de RCD pelos municípios divididos pelas cinco regiões.	19
Figura 3 – Hierarquia do Gerenciamento de Resíduos Sólidos.....	20
Figura 4 – Gestão de Resíduos de acordo com a Resolução 307/2002 – CONAMA.	21
Figura 5 – Modelo de cálculo	28
Figura 6 – Cálculo de geração de resíduo.	31
Figura 7 – Cálculo de análise	31
Figura 8 - Implantação da Obra A – trecho 01	33
Figura 9– Implantação da Obra A – trecho 02.....	33
Figura 10 – Implantação da Obra B	34
Figura 11– Implantação da Obra C	35
Figura 12 – Implantação da Obra D	36
Figura 13 – Implantação da Obra E	37
Figura 14 – Implantação da Obra F.....	38
Figura 15 – Montagem parede de concreto	39

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1– Volume de resíduo gerado.....	43
Gráfico 2– Variável número de apartamentos	46
Gráfico 3 – Variável área total construída (m ²).....	46
Gráfico 4 – Variável número de blocos	47
Gráfico 5 – Variável tempo de obra.....	47
Gráfico 6 – Variável geração de resíduos por m ³	48
Gráfico 7 – Variável geração de resíduos por apartamento	48
Gráfico 8 – Variável número de apartamentos – segunda rodada	49
Gráfico 9 – Variável área total construída (m ²) – segunda rodada.....	49
Gráfico 10 – Variável tempo de obra – segunda rodada	50
Gráfico 11 – Variável número de blocos – segunda rodada.....	50
Gráfico 12 – Variável geração de resíduos por m ³ - segunda rodada.....	51
Gráfico 13 – Variável geração de resíduos por apartamento - segunda rodada	51
Gráfico 14– Variável número de blocos – terceira rodada	52
Gráfico 15 – Comparação dos resultados	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Geração de resíduos por etapa de uma obra.....	14
Quadro 2 - Resumo classificação de classes segundo CONAMA.	16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Compilação de dados de estimativa de geração de RCD	23
Tabela 2– Geração de RSCD.....	24
Tabela 3– Identificação das obras acompanhadas no projeto piloto.....	25
Tabela 4 – Identificação das obras utilizadas no levantamento de dados.....	25
Tabela 5 – Descrição das construtoras participantes no levantamento de dados.....	26
Tabela 6 – Descrição das obras estudadas	27
Tabela 7 – Cálculo do indicador i_1	29
Tabela 8 – Cálculo do indicador i_2	29
Tabela 9 – Cálculo do indicador i_3	30
Tabela 10– Identificação das Obras.....	39
Tabela 11 – Características de projetos e implantação.....	40
Tabela 12 – Prazo das Obras.....	41
Tabela 13 – Volume de resíduo gerado	41
Tabela 14 – Volume de resíduo gerado	44
Tabela 15 – Análise descritiva.....	44
Tabela 16– Resultado pela equação da variável independente, nº de apartamento.....	54
Tabela 17– Resultado variável dependente pela equação da variável independente, área total construída.....	55
Tabela 18 – Resultado variável dependente pela equação da variável independente, número de blocos.....	55
Tabela 19 – Resultado variável dependente pela equação da variável independente, tempo de obra	56
Tabela 20 – Comparação dos resultados das quatro equações.....	57

LISTA DE SIGLAS

ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
PIB	Produto Interno Bruto
PIGRCC	Plano Integrado de Gestão de Resíduos da Construção Civil
PNRS	Política Nacional dos Resíduos Sólidos
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
RCC	Resíduos da Construção Civil
RSCD	Resíduos Sólidos de Construção e Demolição

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Justificativa.....	12
1.2 Objetivos	13
1.2.1 Objetivo geral	13
1.2.2 Objetivos específicos.....	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 Resíduos da Construção Civil.....	14
2.2 Gerenciamento de Resíduos Sólidos Gerados na Construção Civil	19
2.3 Quantificação dos RCD.....	22
2.4 Métodos de quantificação de RCD.....	23
2.4.1 Método de quantificação proposto por Dias (2013).....	24
2.4.2 Método de quantificação proposto por Saéz et al. (2012)	28
2.4.3 Método de quantificação proposto por Angulo, Teixeira e Castro (2011).....	30
3 METODOLOGIA	32
3.1 Caracterização e definição das obras estudadas.....	32
3.1.1 Obra A.....	32
3.1.2 Obra B.....	33
3.1.3 Obra C.....	35
3.1.4 Obra D.....	35
3.1.5 Obra E	37
3.1.6 Obra F	38
3.1.7 Sistema construtivo adotado	38
3.1.8 Características das obras.....	39
3.2 Tratamento dos dados	42
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	43
4.1 Análise da geração dos resíduos nas obras.....	43
4.2 Análise estatística dos dados	44
4.3 Análise regressão	45
4.3.1 Rodada 1.....	45
4.3.2 Rodada 2.....	48
4.3.3 Rodada 3.....	52
4.4 Parâmetros para estimativa de geração de resíduos.....	52

4.5 Estimativa da quantidade de resíduo a partir dos parâmetros propostos...	54
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
REFERÊNCIAS.....	60

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é uma das atividades socioeconômica mais importante do Brasil, visto que, nos últimos anos representou cerca de 15% do PIB brasileiro (NAGALLI, 2014). Junto com essa grande importância na economia, este setor está entre os maiores empregadores da economia nacional, responsável pela geração de 3,92 milhões de empregos (SILVA et al., 2015).

Essencial para atender as necessidades da sociedade, a indústria da construção civil é responsável pela implantação de saneamento básico, geração de energia, transporte, comunicação, infraestrutura pública e privada, buscando melhorias com objetivos de prover moradia, trabalho, saúde e lazer para a população com conforto e qualidade de vida, além de estimular o crescimento e produzir riquezas para comunidades, empresas e governos (AGOPYAN; JOHN, 2011).

Entretanto, em contraponto a construção civil é o setor que mais consome recursos naturais, e também um dos maiores responsáveis pela geração de resíduos sólidos e emissão de gases de efeito estufa, sendo configurada como uma atividade potencialmente degradante ao meio ambiente (SILVA et al., 2015). O relatório anualmente divulgado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE (2020) mostra que a geração de resíduos de construção e demolição (RCD), também chamado de Resíduos de Construção Civil (RCC) aumentou cerca de 35% no período de 2010 a 2019. No ano de 2010 foram coletadas 33 milhões de toneladas e no ano de 2019, 44,5 milhões de toneladas, fazendo com que a quantidade de coleta por capita crescesse de 174,3 kg para 213,5 kg por habitante, por ano.

O gerenciamento de resíduos é baseado nas estratégias de não gerar, minimizar, reutilizar, reciclar e descartar adequadamente, buscando a redução da geração de resíduos como base (NAGALLI, 2014). Um aspecto de grande importância após gerar RCD, é sua disposição final. Se for irregular, pode causar ainda mais danos, como contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas, oferecendo abrigo e condições favoráveis ao desenvolvimento de agentes patogênicos e animais sinantrópicos, além do aspecto visual desagradável que proporciona, influenciando diretamente de modo negativo na qualidade de vida da população (SILVA et al., 2015).

Como legislação que se refere à adequada gestão de resíduos sólidos no Brasil citam-se a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, regulamentada pelo decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, e a Resolução nº 307 do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, alterada pelas Resoluções nº 348, nº 431 e nº 448. A Resolução CONAMA N° 307/2002, é específica à gestão dos Resíduos da Construção Civil (RCC) no país, com critérios, diretrizes, procedimentos e dá responsabilidades e deveres a serem seguidos pelos municípios quanto ao gerenciamento destes resíduos, sendo instrumento para minimização dos danos ambientais (SILVA et al., 2015).

A quantificação de RCD, conforme Dias (2013), é o passo inicial para a gestão de resíduos. Porém, é atividade extremamente complexa, já que é preciso levar em consideração as variáveis como as características próprias da indústria da construção civil e seu processo de produção.

1.1 Justificativa

Um dos setores econômicos que mais impacta no meio ambiente é o da construção civil. Entre os impactos causados, destaca-se o elevado volume de resíduo gerado, em muitos casos descartados incorretamente. Visando à diminuição dos resíduos gerados pela construção civil entende-se que é preciso ter conhecimento da quantidade de resíduos gerados, visto que para implementar melhorias no processo construtivo é preciso ter os indicadores para traçar metas, controle e correta gestão (DIAS, 2013).

Diversos autores buscaram solucionar o problema através da criação de métodos de quantificação do RCD. Com a evolução no conhecimento dos resíduos gerados, alguns empreendimentos vêm utilizando sistemas que auxiliam no gerenciamento, sempre buscando reduzir, reciclar e reutilizar resíduos, uma vez que já se sabe a quantidade, qualidade e valor do resíduo, sempre visando diminuir essas despesas do orçamento. (NAGALLI, 2014).

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um modelo para estimar a quantidade de resíduos gerados nas obras de uma construtora, com dados de obras residenciais verticais concluídas levando em conta variáveis de projeto e produção.

A realização desta pesquisa pode ser justificada, em primeiro lugar, na investigação da influência do sistema construtivo “paredes de concreto”, visto que pode ser levada em consideração para futuras obras, já que na bibliografia pesquisada, poucos trabalhos apresentam dados de quantificação de resíduos de obras com utilizam esse sistema. Em segundo lugar, trazer resultados úteis para planejar ações de minimização da geração e criação dos planos de gerenciamento de resíduos das obras, os quais são obrigatórios pela Resolução 307/2002 do CONAMA. E por fim, trazer resultados que podem ser comparados com outros cenários.

Como objeto de estudo, a pesquisa investiga a geração de resíduos da construção no segmento de empreendimentos de habitação de interesse social (EHIS), caracterizados por proverem um alto número de unidades habitacionais com infraestrutura de uso comum.

1.2 Objetivos

A fim de direcionar, os objetivos apresentados neste estudo estão divididos em: objetivo geral e objetivos específicos.

1.2.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo principal propor indicadores de estimativa de geração de resíduos em condomínios residenciais do segmento de interesse social com sistema construtivo de parede de concreto, conforme características de projeto arquitetônico e sistema construtivo.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- a) Qualificar e quantificar o volume de resíduos gerados;
- b) Definir quais variáveis influenciam na geração de resíduos;
- c) Analisar a influência de variáveis de projetos arquitetônicos e produção sobre a geração de resíduos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O capítulo abaixo expõe uma revisão da bibliografia a partir de conceitos utilizados no desenvolvimento da pesquisa.

2.1 Resíduos da Construção Civil

Os resíduos da construção civil (RCC) são definidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente que é responsável por estabelecer diretrizes para a gestão dos resíduos provenientes da Construção Civil, através da Resolução do CONAMA nº 307 do ano de 2002:

Art. 2º Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:
 - Resíduos da construção civil: 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,2002).

Já a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), através da Lei nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010, define o Resíduo da Construção Civil (RCC) como:

Art. 13. Para os efeitos desta Lei, os resíduos sólidos têm a seguinte classificação: [...] h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis (BRASIL, 2010)

O quadro 1 mostra diferentes tipos de resíduos gerados em diferentes fases de obra de um edifício residencial:

Quadro 1 - Geração de resíduos por etapa de uma obra

FASES DA OBRA	TIPOS DE RESÍDUOS POSSIVELMENTE GERADOS
LIMPEZA DO TERRENO	SOLOS
	ROCHAS, VEGETAÇÃO, GALHOS
MONTAGEM DO CANTEIRO	BLOCOS CERÂMICOS, CONCRETO (AREIA;BRITA)
	MADEIRAS
FUNDAÇÕES	SOLOS

	ROCHAS
SUPERESTRUTURA	CONCRETO (AREIA,BRITA)
	MADEIRA
	SUCATA DE FERRO, FORMAS PLÁSTICAS
ALVENARIA	BLOCOS CERÂMICOS, BLOCOS DE CONCRETO, ARGAMASSA
	PAPEL, PLÁSTICO
INSTALAÇÕES HIDRO - SANITÁRIAS	BLOCOS CERÂMICOS
	PVC
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	BLOCOS CERÂMICOS
	CONDUITES, MANGUEIRA, FIO DE COBRE
REBOCO INTERNO/EXTERNO	ARGAMASSA
REVESTIMENTOS	PISOS E AZULEJOS CERÂMICOS
	PISO LAMINADO DE MADEIRA, PAPEL, PAPELÃO, PLÁSTICO
FORRO DE GESSO	PLACAS DE GESSO ACARTONADO
PINTURAS	TINTAS, SELADORAS, VERNIZES, TEXTURA
COBERTURA	MADEIRAS
	CACOS DE TELHAS E FIBROCIMENTO

Fonte:Valotto (2007 apud LIMA, 2009).

Em função da grande diversidade de RCC, periculosidade a qual cada tipo expõe o meio ambiente, juntamente com a elevada quantidade e volume gerado, esse resíduo é caracterizado como um problema ambiental (DIAS,2013). Por existir enorme diversidade entre os resíduos citados, a CONAMA realizou a classificação levando em consideração a agressividade do resíduo no meio ambiente, o Quadro 2, mostra o tipo de RCC e respectiva classe do resíduo, definição, exemplos e destinação.

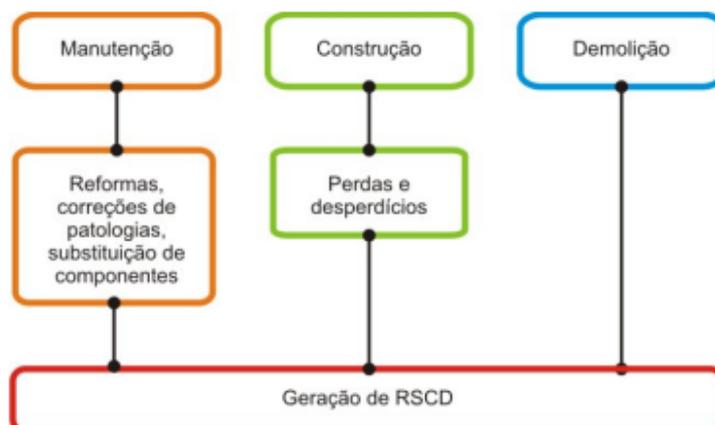
Quadro 2 - Resumo classificação de classes segundo CONAMA.

Tipo de RCC	Definição	Exemplos	Destinações
Classe A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados	- resíduos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; - resíduos de componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; - resíduos oriundos de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.	Reutilização ou reciclagem na forma de agregados, ou encaminhados às áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
Classe B	São os resíduos recicláveis para outras destinações	- Plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;	Reutilização/reciclagem ou encaminhamento às áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
Classe C	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação	- produtos oriundos do gesso	Armazenamento, transporte e destinação final conforme normas técnicas específicas.
Classe D	São os resíduos perigosos oriundos do processo de construção	- tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.	Armazenamento, transporte, reutilização e destinação final conforme normas técnicas específicas.

Fonte: Lima e Lima (2012).

Conforme Inojosa (2010), a geração dos resíduos da Construção Civil, denominado pela autora de Resíduo Sólido de Construção e Demolição (RSCD) tem duas fontes típicas para geração na construção civil, sendo construção e demolição, além de uma possível fonte a manutenção de edificações. A figura 1, mostra as fontes dessa geração.

Figura 1 - Origem do RSCD



Fonte: Inojosa (2010).

No Brasil, é verificado alto índice de geração de resíduos nas obras de construção, visto que o desperdício é elevado. Alguns fatores que provocam perdas na etapa de construção, segundo Inojosa (2010):

- Falhas ou omissões na elaboração de projetos;
- Má qualidade dos materiais;
- Acondicionamento impróprio dos materiais;
- Má qualificação da equipe de funcionários;
- Falta de técnicas e equipamentos adequados;
- Má administração do canteiro de obras;
- Falta de acompanhamento técnico na produção;
- Carência de informações e garantias em relação aos produtos e serviços do setor;
- Ausência de textos com procedimentos e sistematização dos conhecimentos;
- Falta de cultura de reutilização e reciclagem;

As elevadas quantidades de perdas de material na etapa de construção é pauta histórica, segundo Pucci (2006), já que na década de 90, a demanda imobiliária era grande e o mercado aceitava empreendimentos com baixa tecnologia, resultando em grandes lucros. Com o passar do tempo o lucro diminuiu, em função do grande número de construtoras e iniciou-se a terceirização. Com isso, criou-se a necessidade da melhora significativa de mão de obra e tecnologia para diminuir as perdas e aumentar os lucros, considerando a menor diferença entre os preços pagos pelo mercado com os custos de produção.

De acordo com Pucci (2006), as perdas podem ser classificadas pela possibilidade de serem controladas e com a sua natureza, conforme abaixo.

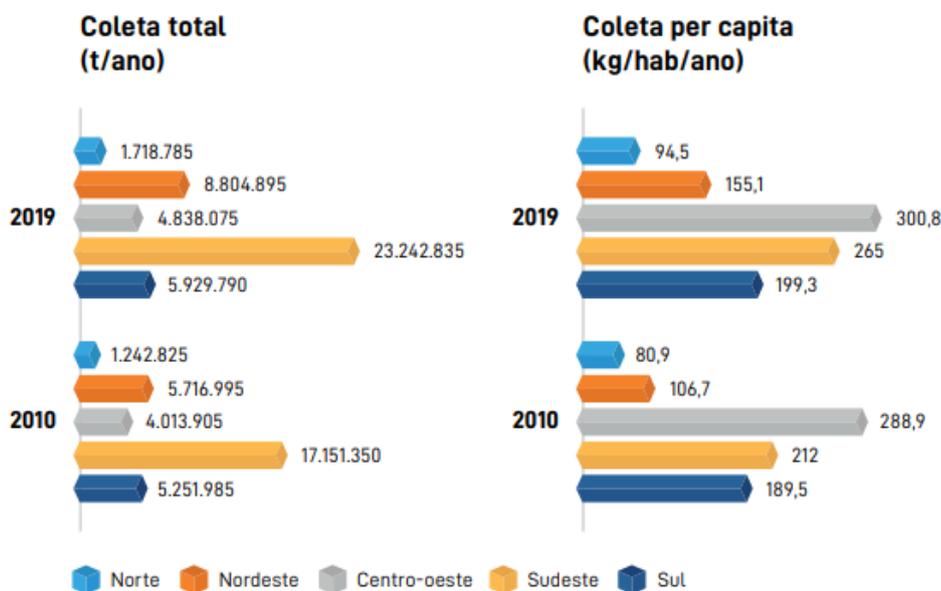
- Perdas segundo seu controle:
 - Perdas inevitáveis: quando o investimento para evitar é maior que a economia gerada pela eliminação da perda, sendo assim perdas aceitáveis.
 - Perdas evitáveis: quando o processo é de baixa qualidade e recursos empregados de forma errada.
- Perdas segundo sua natureza:
 - Por superprodução: excesso de material produzido;
 - Por substituição: utilização de material com desempenho superior ao necessário;
 - No transporte: uso inadequado dos equipamentos de transporte, além de ocasionar perda de tempo também;
 - No procedimento: falta de procedimento ou não cumprimento deste, além de se relacionar à falta de treinamento ou detalhamento do projeto;
 - No estoque: erro no quantitativo físico da obra ou programação inadequada da entrega de materiais, causa falta de espaço adequado para estoque;
 - Por defeitos: falta de controle do processo construtivo, problema de planejamento, materiais com baixa qualidade ou falta de treinamento.
 - Outros: eventos extraordinários, como vandalismo, acidentes ou roubo.

Outro aspecto que Pucci (2006) destaca é o atraso da construção civil em relação a outras indústrias, com a predominância por processo produtivo quase que inteiro manual, baixo grau de mecanização com intensivo uso de mão de obra, características ainda presentes em canteiros de obras atuais.

A Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública de Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020), destaca que no ano de 2019, foram coletadas pelos municípios brasileiros mais de 44 milhões de toneladas de RCDs (Resíduos da Construção e Demolição), número que representa aumento de 25% em relação ao ano de 2010, em que foram coletadas, em média, 33 milhões de toneladas de RCDs. Ainda se destaca, segundo a ABRELPE (2020), que no ano de 2019 foram coletadas mais de 79 milhões de toneladas de resíduo de sólido urbano (RSU). Ou seja, mais da metade de todo o resíduo de sólido urbano (RSU) coletada naquele

ano foi de RCDs. A figura 2 mostra essa coleta de RCD dividida pelas regiões do Brasil, em que é possível verificar o aumento da geração de resíduos em 10 anos.

Figura 2 - Coleta de RCD pelos municípios divididos pelas cinco regiões.



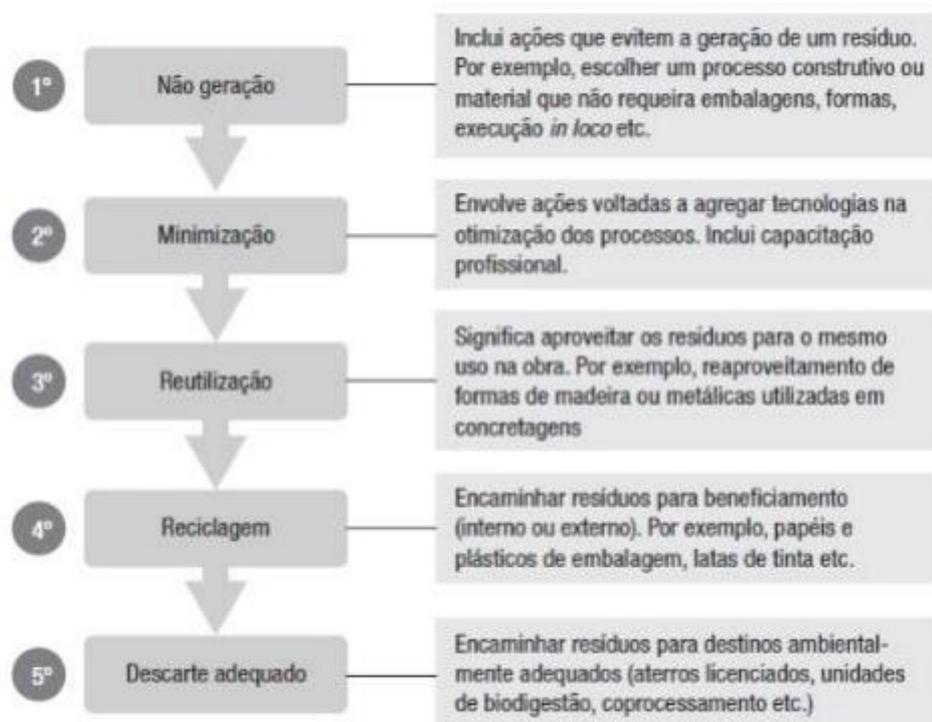
Fonte: ABRELPE (2020).

Um fato a ser considerado é a alta informalidade do setor e nas questões que envolvem a gestão de RCD, no sentido de registrar oficialmente as quantidades de resíduos geradas. Com isso, é preciso considerar, além do aumento na quantidade gerada em si, pode haver um aumento na contabilização da geração dos resíduos.

2.2 Gerenciamento de Resíduos Sólidos Gerados na Construção Civil

O gerenciamento de resíduos na construção civil tem como princípio visar à correta e melhor gestão dos RCCs durante e após todas as atividades dentro de um canteiro de obra. Seu princípio básico é fundamentar a não geração. Se gerar, priorizar a minimização, reutilização, reciclagem e descarte adequado do resíduo final (NAGALLI, 2014). Ainda conforme Nagalli (2014), a figura 3 mostra a hierarquia que vem se buscando no sistema de gerenciamento dos Resíduos Sólidos.

Figura 3 – Hierarquia do Gerenciamento de Resíduos Sólidos



Fonte: Nagalli (2014).

No Brasil, a gestão de RCDs começou ser pensada após a Resolução do CONAMA nº 307 do ano de 2002 e intensificou com a Lei nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010, sendo que esses documentos caracterizam uma gestão de resíduos sólidos adequada quando apresentadas soluções que pensem na esfera política, econômica, ambiental, cultural e social.

A Resolução obriga todos municípios, a partir de 2003, elaborar uma lei municipal própria para criação do Plano Integrado de gestão de Resíduos da Construção Civil (PIGRCC). Conforme Dias (2013), uma década após a data estabelecida, poucos municípios possuíam. A partir dessa Resolução, grandes geradores (empresas construtoras), passam a ter responsabilidades, como a criação de programas para gerenciar os RCDs em seus empreendimentos, sendo desta forma de responsabilidade do Poder Público Municipal a fiscalização, além da solução para o RCD gerado por pequenos geradores, construções autônomas (DIAS, 2013).

A figura 4, mostra os instrumentos e seus respectivos responsáveis, visando ao atendimento de todos os geradores à legislação em busca da acertiva gestão dos resíduos de construção civil.

Figura 4 – Gestão de Resíduos de acordo com a Resolução 307/2002 – CONAMA.



Fonte: Dias (2013).

Conforme Roth e Garcias (2009), a indústria da construção civil tem grande influência na economia brasileira, mas por outro lado, também é uma das maiores geradoras de impactos ambientais. Estes impactos geram áreas degradadas em três ocasiões, sendo elas: na extração e fabricação do material, na execução das obras e no acondicionamento dos resíduos gerados. Em todas essas etapas podem gerar situações de risco elevado, como a maior vulnerabilidade dos lençóis freáticos, danos à infraestrutura próxima, à qualidade de ar e geração de poluição sonora, além de problemas decorrentes da má disposição de resíduos.

O Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, segundo Nagalli (2014), deve apresentar as ações abaixo, mas também é essencial fiscalização para garantir a funcionalidade do plano.

- Evitar a geração de resíduos aproveitando de insumos e otimização de processos construtivos;
- Manter o canteiro de obra sempre limpo;
- Promover treinamentos dos funcionários;
- Promover a instrução, orientação e ambientação do processo de gestão de resíduos;
- Controlar e fiscalizar a correta separação dos resíduos pelos colaboradores;
- Sinalizar corretamente os locais e recipientes de acondicionamento e armazenamento;
- Criar materiais de apoio para serem utilizados em treinamentos e educação ambiental;

- Remover periodicamente os detritos gerados pela obra;
- Elaborar Relatórios de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil;
- Entre outras medidas que visam o melhor gerenciamento dos resíduos.

2.3 Quantificação dos RCD

A quantificação do RCD é considerada um grande desafio para a gestão de resíduos, já que a partir deste dado é possível ter controle e realizar metas para uma eficiente gestão. Em função da grande diversidade dos resíduos de construção construção civil, da sua complexidade e características próprias, segundo Inojosa (2010), as características e composição dos RCD são influenciadas por diversos fatores, como:

- Tipo de obra;
- Nível de desenvolvimento técnico da indústria local;
- Qualidade e nível de treinamento da equipe de funcionário;
- Técnicas de construção e demolição empregadas;
- Programas de qualidade e redução de perdas empregados;
- Processos de reciclagem e reutilização utilizados nos canteiros de obras;
- Disponibilidade de materiais na região;
- Desenvolvimento econômico local;
- Panorama político;
- Condições topográficas;
- Métodos utilizados para coleta, processo e local da amostragem.

Diversas bibliografias vêm sendo desenvolvidas para buscar a quantificação do volume gerado e sua composição (Pinto,1999; Bernardes et al.,2008; Oliveira et al.,2011 apud Dias,2013). A tabela 1 mostra valores de referência para a geração total de RCD em construção novas.

Tabela 1 – Compilação de dados de estimativa de geração de RCD

Autor	Ano	País	Estimativa de resíduos pelo autor
Mañà I Reixach et al.	2000	Espanha	0,120 m ³ /m ²
Katz e Baum	2010	Israel	0,200 m ³ /m ²
Ortiz et al.	2010	Espanha	205,9 kg/m ²
Kharrufa	2007	Bagdá	2,15 toneladas para cada 10m ² construídos
Pinto	1999	Brasil	150 kg/m ²

Fonte: Dias (2013).

Tessano, Sá e Schemin (2012), citam a quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção e demolição no município de Pelotas/RS, e apresentam densidade aparente igual a 1,28 t/m³, sendo que a composição gravimétrica mostrou que 88% dos RCD produzidos referem-se aos resíduos de classe A, os quais têm grande potencial de reciclagem.

2.4 Métodos de quantificação de RCD

Para realizar a quantificação de RCD é preciso estimar a geração de resíduos, para isso existe diversos métodos. É possível estimar a geração de RCD de um município de três modos:

Estimativas de área construída – serviços executados e perdas efetivas; da movimentação de cargas por coletores; do monitoramento de descargas nas áreas utilizadas como destino dos RCD. A consulta a esta última base de informação constitui um processo extremamente dificultoso, tanto pela pulverização das descargas em dezenas de pontos nos espaços urbanos, como pela impossibilidade de acompanhamento físico das descargas em cada pinto, por largo período de tempo (Pinto, 1999 apud Inojosa, 2010).

Através dos dois primeiros métodos citados acima, o autor realizou uma estimativa da geração de RCD de seis municípios brasileiros. Na tabela 2, os dados mostram a equivalência da massa gerada em construções novas com a massa gerada em reformas para os municípios.

Tabela 2– Geração de RCD

Informações	Municípios					
	Santo André (base 97)	São José do Rio Preto (base 97)	São José dos Campos (base 95)	Ribeirão Preto (base 95)	Jundiaí (base 97)	Vitória da Conquista (base 97)
Provável geração de RSCD em novas edificações (t/dia)	477	244	201	577	364	57
Massa de RSCD coletada em reformas (t/dia)	536	443	184	356	348	253
Massa de RSCD coletada pelas administrações (t/dia)	(não considerado para evitar sobreposição)	(não considerado para evitar sobreposição)	348	110	(não considerado para evitar sobreposição)	(não considerado para evitar sobreposição)
Provável geração de RSCD (t/dia)	1.013	687	733	1.043	712	310

Fonte: Pinto (1999 apud Inojosa, 2010).

Segundo Dias (2013), diversos trabalhos acadêmicos apresentam diferentes métodos e parâmetros de quantificação que fundamentam as estimativas de geração de RCD. Vale ressaltar que é preciso ter cuidado para os resultados não sejam distorcidos, uma vez que o sistema construtivo, sistema de gestão das empresas, contratação e treinamento de mão de obra interferem no resultado.

A seguir será apresentado o método de quantificação RCD proposto por Dias (2013), na sequência método apresentado por Angulo, Teixeira e Castro (2011) e Saéz et al. (2012).

2.4.1 Método de quantificação proposto por Dias (2013)

Foram realizadas três etapas para desenvolvimento deste método, sendo o estudo piloto, levantamento de dados e tratamento de dados. No projeto piloto foi realizada a descrição das empresas construtoras que participaram do estudo, sendo observados a organização dos canteiros de obras, acondicionamento e quantidade de resíduos, identificação dos resíduos gerados pela etapa das obras. Na tabela 3, é mostrada a identificação da empresa, número de pavimentos, área total, área do pavimento tipo e etapa da obra.

Tabela 3– Identificação das obras acompanhadas no projeto piloto

Obra	Empresa	Nº pav.	Área pav. Tipo	Área total	Etapa de execução
1 _p	A _p	22	382,44	11291,78	Estrutura
2 _p	B _p	8	509,16	4562,17	Infraestrutura
3 _p	C _p	23	509,23	14297,00	Acabamento
4 _p	D _p	12	246,78	3988,96	Estrutura e alvenaria
5 _p	C _p	27	392,96	16612,72	Estrutura e alvenaria
6 _p	B _p	12	360,65	5776,96	Acabamento
7 _p	C _p	20	248,79	6858,78	Estrutura
8 _p	C _p	18	278,26	7409,78	Estrutura e início alvenarias
9 _p	C _p	21	321,90	7994,53	Acabamento
10 _p	C _p	20	357,25	9106,02	Acabamento
11 _p	B _p	13	351,83	6155,86	Estrutura e alvenaria

Fonte: Dias (2013).

Para o levantamento de dados foram buscados dados históricos, considerando dados de diferentes obras de diferentes construtoras, visto que era preciso estar com a obra finalizada e ter dados históricos. Desta forma foram utilizados dados de vinte obras de dez construtoras diferentes, todas atuavam nas cidades de Novo Hamburgo, São Leopoldo, Esteio, Canoas e Porto Alegre/RS e foram identificadas conforme tabela 4 e descritas na tabela 5.

Tabela 4 – Identificação das obras utilizadas no levantamento de dados

Identificação empresa	Nº de obras	Percentual de participação da empresa em número de amostras
A	4	20%
B	1	5%
C	2	10%
D	2	10%
E	1	5%
F	2	10%
G	5	25%
H	1	5%
I	1	5%
J	1	5%
Total	20	100%

Fonte: Dias (2013).

Tabela 5 – Descrição das construtoras participantes no levantamento de dados

Empresa	Tempo de atuação	Segmento	Produção
A	65 anos	Edifícios residenciais e comerciais ¹	252008 m ²
B	33 anos	Edifícios residenciais	35 edifícios
C	33 anos	Edifícios residenciais, condomínios horizontais e outros	150729 m ²
D	17 anos	Edifícios residenciais	8 edifícios
E	25 anos	Edifícios residenciais e outros	5.000,00 m ²
F	29 anos	Edifícios residenciais	2500 apartamentos
G	51 anos	Edifícios residenciais e comerciais	1.200.000 m ²
H	7 anos	Edifícios residenciais e outros	9000 m ²
I	32 anos	Edifícios residenciais, condomínios horizontais e outros	590000 m ²
J	20 anos	Edifícios residenciais	223962 m ²

Fonte: Dias (2013).

Para maior conhecimento das obras estudadas, a tabela 6 apresenta a identificação da empresa, número de pavimentos, número de lote, sistema construtivo utilizado e cidade que obra se localiza.

Tabela 6 – Descrição das obras estudadas

ID (obra)	Empresa	Nº pavimentos	Número de prédios no lote	Estrutura	Vedação	Cidade
1	A	21	1	Concreto armado	Blocos cerâmicos	Novo Hamburgo
2	A	23	1	Concreto armado	Blocos cerâmicos	Novo Hamburgo
3	A	18	1	Concreto armado	Tijolos	Novo Hamburgo
4	A	20	1	Concreto armado	Tijolos	Novo Hamburgo
5	B	12	1	Concreto armado	Tijolos	Novo Hamburgo
6	C	7	1	Concreto armado	Blocos cerâmicos	Canoas
7	C	7	1	Alvenaria estrutural		Canoas
8	D	13	1	Concreto armado	Tijolos retificados	Esteio
9	D	12	1	Concreto armado	Tijolos retificados	Esteio
10	F	17	1	Concreto armado	Tijolos	Porto Alegre
11	F	16	1	Concreto armado	Tijolos	Porto Alegre
12	G	17	2 (plantas idênticas)	Concreto armado	Blocos cerâmicos (com proj. de paginação)	Porto Alegre
13	G	13	2 (plantas idênticas)	Concreto armado	Blocos cerâmicos (com proj. de paginação)	Porto Alegre
14	G	17	2 (plantas diferentes)	Concreto armado	Blocos cerâmicos (com proj. de paginação)	Canoas
15	G	15	2 (plantas idênticas)	Concreto armado	Blocos cerâmicos (com proj. de paginação)	Porto Alegre
16	G	19 + 4	1 + 1(estacionamento)	Concreto armado	Blocos cerâmicos (com proj. de paginação)	Porto Alegre
17	H	11	1	Concreto armado	Blocos cerâmicos (com proj. de paginação)	Porto Alegre
18	I	13	1	Alvenaria estrutural		Canoas
19	E	12	1	Concreto armado	Tijolos	São Leopoldo
20	J	16	1	Concreto armado	Tijolos	Porto Alegre

Fonte: Dias (2013).

No método, em questão, a quantidade de resíduo gerado é a variável dependente, sendo essa informada pela construtora. Não foi considerado fator de empolamento dos resíduos na quantidade informada. Já a variável independente, é as características relacionadas ao projeto arquitetônico, sendo a área total construída, área do pavimento tipo e a relação entre o número de pavimentos tipo com o número de pavimentos do prédio (tipo/total).

Com os dados obtidos foi executada a etapa de tratamento dos dados, ou seja, o modelo proposto representado na figura 5. Leva-se em consideração que as variáveis dependentes são Y e independentes são X.

Figura 5 – Modelo de cálculo

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1,i} + \beta_2 X_{2,i} + \dots + \beta_k X_{k,i} + \varepsilon$$

Y_i = variável dependente para a *i-ésima* obra;

X_i = variáveis independentes para a *i-ésima* obra;

β = coeficientes parciais de regressão

ε = erro

Fonte: Dias (2013)

Realizando a análise de regressão, foi estabelecido nível de significância de $\alpha = 0,05$ e analisados os coeficientes de determinação (R^2), de correlação (r), a análise de variância (F) e teste das variáveis explicativas (t).

2.4.2 Método de quantificação proposto por Saéz et al. (2012)

Este método foi desenvolvido para estimar o RCD gerado na construção de novo edifícios na Espanha. Dividida em cinco etapas, a pesquisa iniciou pela identificação do edifício que trazia traços da cultura espanhola, para depois caracterizar os projetos analisados, determinar as etapas de construção e por fim, o cálculo dos resíduos gerados e modelo empírico não apenas separados pelos diferentes tipos de resíduos, mas também em cada fase da obra.

Primeiramente, a identificação da construção típica espanhola foi realizada a partir de publicações estatísticas nacionais, já a etapa de construção foi dividida em terraplanagem e estrutura, paredes externas, paredes internas, cobertura, molduras de esquadrias, sistema elétrico, sistema de ar-condicionado, hidráulico, aquecimento, proteção contra incêndio, energia solar, elevadores, vidros, decoração e mobiliários urbanos.

A quantificação, tanto em peso (kg) como em volume (m^3), foi realizada para as treze etapas da construção, todas baseadas nas categorias estabelecidas no catálogo europeu de resíduos (EWC) e utilizando o banco de dados do Instituto de Tecnologia da Catalunha (SAÉZ et al., 2012).

A partir desse estudo foram determinados três indicadores, sendo o primeiro o indicador global i_1 , o qual permite a estimativa do volume total de RCD gerado, esse é obtido através da multiplicação do indicador pela área total construída. É preciso relacionar a média de volume de resíduos totais gerados (m^3), a área construída (m^2) com o valor teórico baseado no banco de dados do BEDEC, cálculo mostrado na tabela 7.

Tabela 7 – Cálculo do indicador i_1

Indicador i_1		
Volume (m^3)	Superfície construída (m^2)	i_1 (m^3/m^2)
1009,96	13546,50	$7,46 \times 10^{-02}$

Fonte: Saéz et al. (2012 apud Dias, 2013).

O indicador i_2 é a estimativa de cada tipo de RCD gerado, conforme tabela 8, relaciona o volume (m^3) de cada classificação de RCD gerado em todo o processo com a área total construída (m^2).

Tabela 8 – Cálculo do indicador i_2

Indicador i_2				
Tipo de RCD		Volume (m^3)	Superfície construída (m^2)	i_2 (m^3/m^2)
EWC código	Especificação			
150101	Papel e papelão	66,02	13546,50	$4,87 \times 10^{-03}$
170101	Concreto	147,53		$1,09 \times 10^{-02}$
170103	Telhas e materiais cerâmicos	157,81		$1,16 \times 10^{-02}$
170107	Mistura de concreto, tijolos, telhas e materiais cerâmicos não contaminados	118,11		$8,72 \times 10^{-03}$
170201	Madeira	282,16		$2,08 \times 10^{-02}$
170203	Plástico	11,33		$8,36 \times 10^{-04}$
170407	Metais diversos	29,65		$2,19 \times 10^{-03}$
170904	Resíduos mistos sem mercúrio, materiais perigosos ou PCB	107,93		$7,97 \times 10^{-03}$
170903	Resíduos mistos contendo materiais perigosos	4,21		$3,11 \times 10^{-04}$
150110	Embalagens contaminadas com materiais perigosos	32,69		$2,41 \times 10^{-03}$

Fonte: Adaptado de Saéz et al. (2012).

Por fim, o indicador i_3 que relaciona o volume (m^3) de RCD gerado em cada fase de construção para toda a superfície construída (m^2). Na tabela 9 mostra os resultados obtidos para este indicador, é possível verificar que a fase 1 e 2, são responsáveis por em média 75% do total de RCD.

Tabela 9 – Cálculo do indicador i_3

Etapa de construção	Descrição	Volume (m ³)	%	Superfície construída (m ²)	i_3 (m ³ /m ²)
1	Terraplanagem e estrutura	289,39	28,65%	13546,50	$2,38 \times 10^{-02}$
2	Paredes exteriores, divisórias internas e coberturas	465,05	46,05%		$3,22 \times 10^{-02}$
3	Moldura de janelas e portas	4,53	0,45%		$3,12 \times 10^{-04}$
4	Elétrico e comunicações	79,04	7,83%		$6,33 \times 10^{-03}$
5	Sistemas de ar-condicionado	0,09	0,01%		$2,12 \times 10^{-05}$
6	Sistemas hidráulicos	15,88	1,57%		$1,89 \times 10^{-03}$
7	Sistemas de aquecimento	104,76	10,37%		$2,76 \times 10^{-03}$
8	Sistemas de proteção contra incêndio	0,00	0,00%		$1,12 \times 10^{-06}$
9	Energia solar térmica	0,01	0,00%		$4,29 \times 10^{-06}$
10	Elevadores	23,13	2,29%		$1,24 \times 10^{-03}$
11	Vedações em vidro	0,63	0,06%		$5,65 \times 10^{-05}$
12	Decoração	25,24	2,50%		$1,69 \times 10^{-03}$
13	Jardinagem e mobiliário urbano	2,22	0,22%		$1,76 \times 10^{-04}$

Fonte: Adaptado de Saéz et al. (2012).

Contudo, este método possibilita a visualização da etapa mais ofensora para a geração de resíduos.

2.4.3 Método de quantificação proposto por Angulo, Teixeira e Castro (2011)

Para a criação deste método foi analisada a área construída do município durante três anos e relacionou com os alvarás de construção emitidos. Na figura 6 foi calculada a quantificação de massa de resíduo por mês, através da multiplicação de área construída por mês pelo índice de geração de resíduo na construção.

Figura 6 – Cálculo de geração de resíduo.

$$C = A_c \times \rho_c \quad \text{Equação 1}$$

onde:

C: resíduo na construção por mês (t RCD/mês);

A_c : área construída por mês (m² construído/mês);

ρ_c : índice de geração de resíduo na construção (0,150 t RCD/m² construído), obtido por Pinto (1999).

Fonte: Ângulo, Teixeira e Castro (2011).

Na sequência foi realizada avaliação comparativa dos métodos quantitativos direto e indireto, através da figura 7.

Figura 7 – Cálculo de análise

$$C + R = V_{RCD} \times \gamma_{RCD} \quad \text{Equação 3}$$

onde:

C: resíduo gerado na construção por mês (t RCD/mês);

R: resíduo gerado na reforma por mês (t RCD/mês);

V_{RCD} : volume disposto de resíduo de construção e demolição (m³ RCD/mês);

γ_{RCD} : massa unitária do resíduo de construção e demolição (t/m³), adotada como 1 t/m³ com base em levantamento de campo realizado pelos autores.

Fonte: Ângulo, Teixeira e Castro (2011).

3 METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido a partir de quatro etapas, que consistem no levantamento e coleta de dados, tratamento dos dados, proposta dos parâmetros, aplicação dos parâmetros para estimar volume de resíduos.

Os dados utilizados se referem a características de implantação (projeto), produção e quantidade de resíduo gerada em obras de empreendimentos habitacionais de interesse social realizadas com o emprego do sistema construtivo “paredes de concreto”.

As obras são localizadas no estado do Rio Grande do Sul, na região metropolitana de Porto Alegre e na região da serra. Todas as obras estudadas são da mesma construtora, a qual é de grande porte e possui histórico de descarte de resíduo.

3.1 Caracterização e definição das obras estudadas

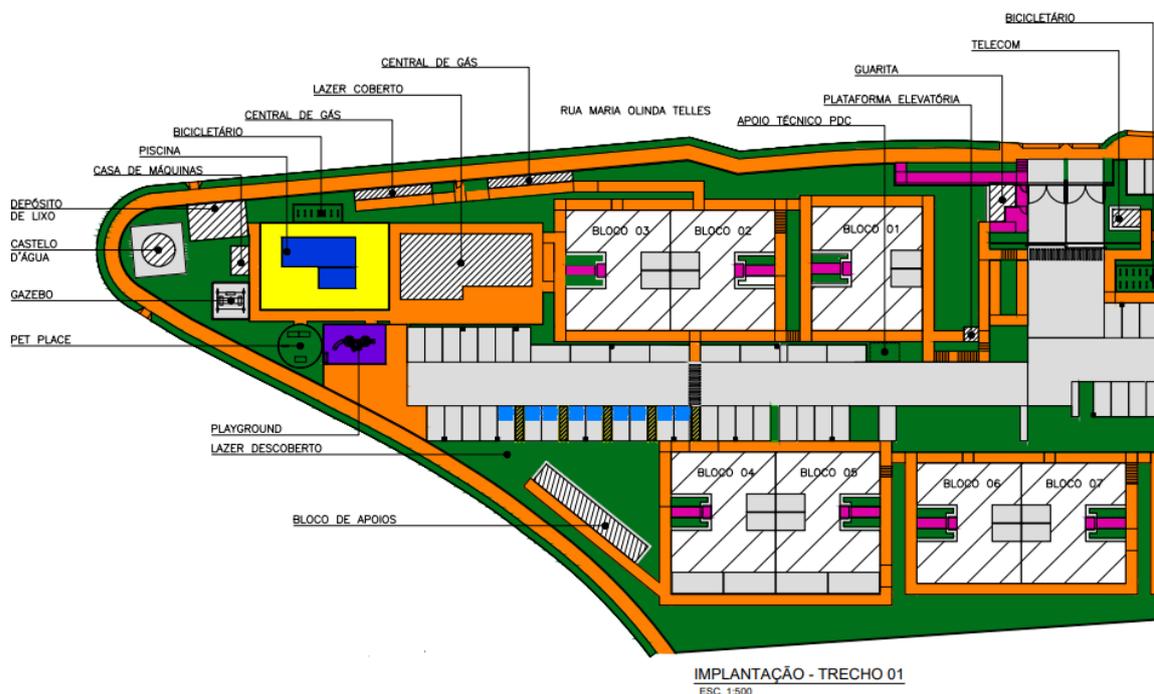
3.1.1 Obra A

O primeiro empreendimento, Obra A, é um condomínio residencial vertical localizado no bairro Canudos, na cidade de Novo Hamburgo.

Está implantado num terreno com 17.543,32m² e possui 23.867,67m² de área construída. O empreendimento compreende a execução de 15 prédios de 5 pavimentos, totalizando 300 apartamentos de área aproximada de 40,82m². A área comum é composta por salão de festas, espaço gourmet, churrasqueira, playgrounds, pet place, bicicletário, piscina adulto e infantil, guarita, depósito de lixo, administração e vestiários. O condomínio conta com uma vaga de estacionamento por apartamento. O sistema construtivo é o de paredes de concreto, moldadas no local.

As figuras 8 e 9 mostram a implantação da Obra A, qual foi dividida em dois trechos.

Figura 8 - Implantação da Obra A – trecho 01



Fonte: Projeto fornecido pela empresa (2022).

Figura 9– Implantação da Obra A – trecho 02



Fonte: Projeto fornecido pela empresa (2022).

3.1.2 Obra B

O segundo empreendimento, Obra B, é um condomínio residencial vertical localizado no bairro Scharlau, na cidade de São Leopoldo.

Está localizado num terreno com área de 14.989,97m² e com área construída de 25.981,97m². O empreendimento possui 15 blocos de 5 pavimentos, com o total de 300 apartamentos e área de 40,82m² cada. Área comum composta por: Salão de

festas, espaço gourmet, churrasqueira, playgrounds, prédio de apoio, bicicletário, guarita e telecom. Ainda conta com uma vaga de garagem por apartamento, e sistema construtivo adotado é a parede de concreto.

A figura 10, mostra a implantação da Obra B que possui área total construída de 25981,97m².

Figura 10 – Implantação da Obra B



Fonte: Projeto fornecido pela empresa (2022).

3.1.3 Obra C

O terceiro empreendimento estudado, Obra C, é um condomínio residencial vertical localizado no bairro Igara, na cidade de Canoas, também na região metropolitana de Porto Alegre. A área do terreno de 13.875,39m², com área total construída de 30.638,37m² e área média por apartamento de 37,15m². É composto por 16 blocos de 5 pavimentos cada, totalizando 320 apartamentos, conforme mostra a figura 11. O sistema construtivo adotado é parede de concreto e a área comum é composta pelo Salão de festas, espaço gourmet, churrasqueira, playground, prédio de apoio, bicicletário e guarita e uma vaga de garagem por apartamento.

Figura 11– Implantação da Obra C



Fonte: Projeto fornecido pela empresa (2022).

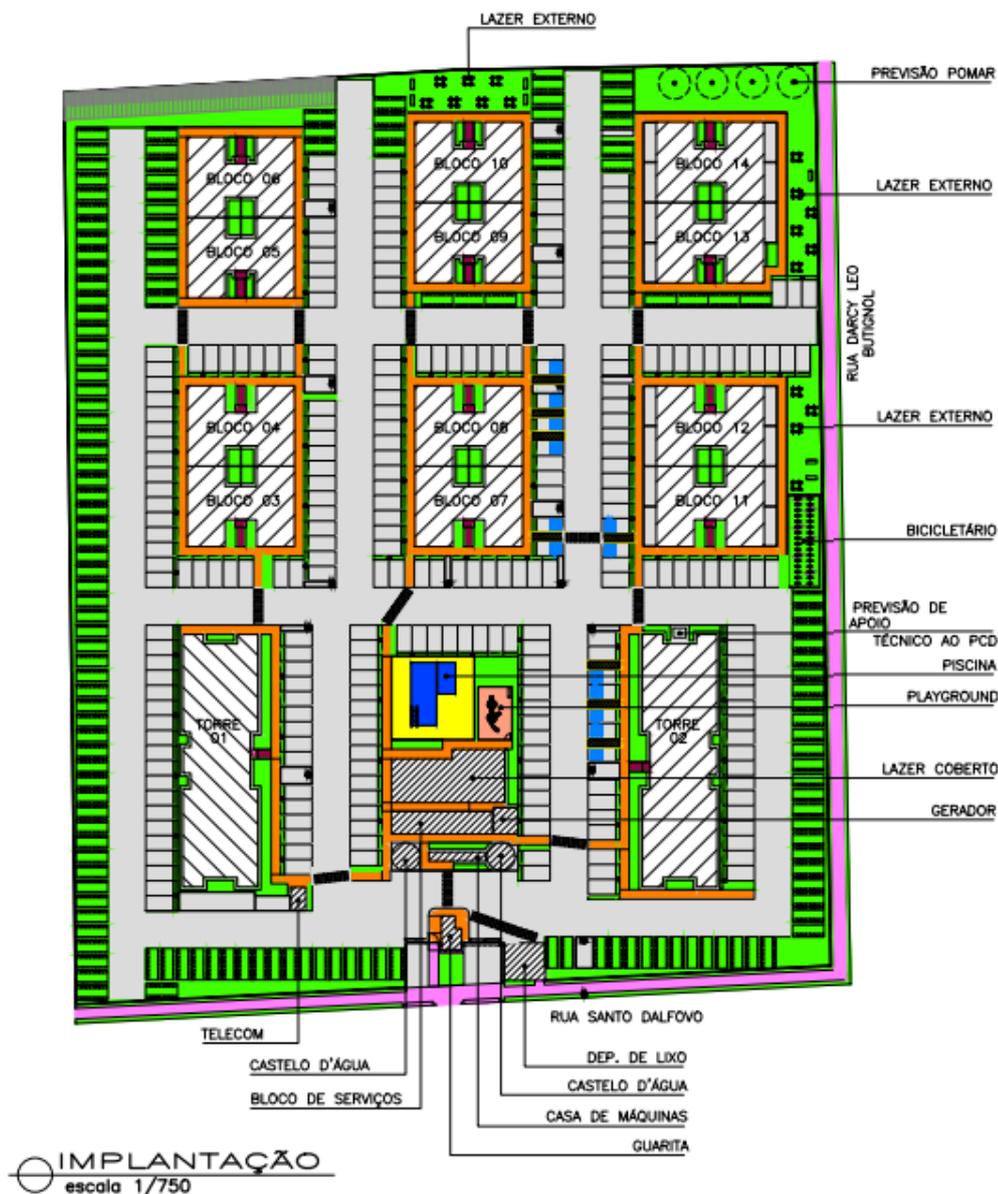
3.1.4 Obra D

O quarto empreendimento estudado, Obra D, é um condomínio residencial vertical localizado no bairro Panazzolo, na cidade de Caxias do Sul, está localizado na Serra do Rio Grande do Sul.

Este empreendimento também é de parede de concreto, porém é composto por duas torres de 11 pavimentos e 8 apartamentos por andar e 12 blocos de 5 pavimentos com 4 apartamentos por andar, sendo o total de 416 apartamentos. Na

figura 12, mostra a implantação da Obra D, este que possui área total construída de 33.272,51m², área do terreno de 17.403,70m² e área média de 40,19m² por apartamento. Área comum composta pelo salão de festas, espaço gourmet, churrasqueira, playground, prédio de apoio, bicicletário, guarita e uma vaga de garagem por apartamento.

Figura 12 – Implantação da Obra D



Fonte: Projeto fornecido pela empresa (2022).

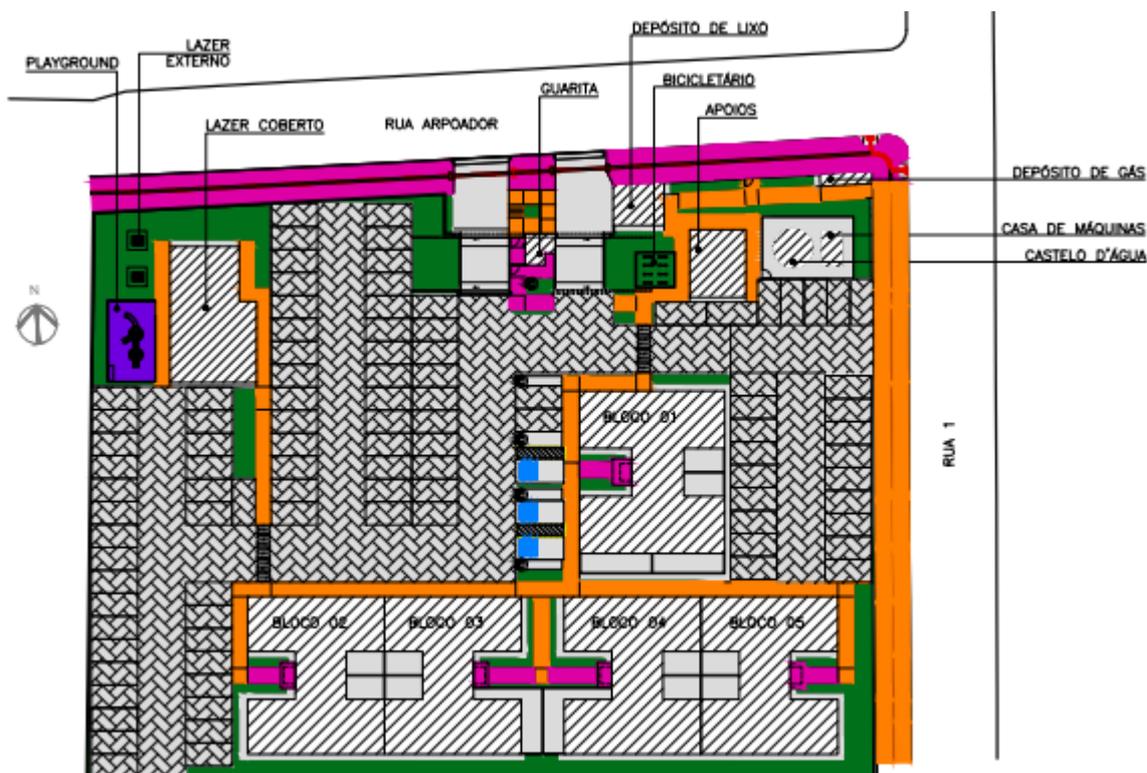
3.1.5 Obra E

O quinto empreendimento estudado, Obra E, é um condomínio residencial vertical localizado no bairro Estância Velha, na cidade de Canoas, também na região metropolitana de Porto Alegre.

Este empreendimento também é do sistema construtivo de parede de concreto, mas composto por 5 blocos de 5 pavimentos com 4 apartamentos por andar, sendo o total de 100 apartamentos. Na figura 13, mostra a implantação do condomínio 05, o qual possui área total construída de 8.965,54m² e área de terreno de 5.090,89m².

A área comum da obra é composta por salão de festas, espaço gourmet, playground, prédio de apoio, pomar, bicicletário e guarita, possui uma vaga de garagem por apartamento e tem média da área por apartamento de 40,82m².

Figura 13 – Implantação da Obra E



Fonte: Projeto fornecido pela empresa (2022).

3.1.6 Obra F

O sexto empreendimento estudado, Obra F, é um condomínio residencial vertical localizado no bairro Camboim, na cidade de Sapucaia do Sul, também na região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

Está implantado num terreno com 10.615,30m² e possui 17.898,25m² de área construída. O empreendimento compreende a execução de 10 prédios de 5 pavimentos, totalizando 200 apartamentos de área aproximada de 39,63m². A área comum é composta por salão de festas, espaço gourmet, churrasqueira, playgrounds, bicicletário, guarita, depósito de lixo, administração e vestiários. O condomínio conta com uma vaga de estacionamento por apartamento. O sistema construtivo é o de paredes de concreto, moldadas no local. A figura 14 mostram a implantação da Obra F.

Figura 14 – Implantação da Obra F



Fonte: Projeto fornecido pela empresa (2022).

3.1.7 Sistema construtivo adotado

As seis obras apresentadas foram construídas pelo sistema construtivo chamado de “parede de concreto”, este sistema é concretado no local, com as formas montadas. As formas utilizadas são todas em alumínio e utilizadas em mais de uma obra, geralmente com vida útil relativamente longa, permitindo vários usos.

Figura 15 – Montagem parede de concreto



Fonte: Registrado pela autora.

Conforme a figura 15, a armadura, sistema elétrico e hidráulico já são distribuídos antes mesmo da concretagem. Após concretagem, a estrutura da unidade está pronta e é preciso realizar os revestimentos internos e externos.

3.1.8 Características das obras

Após a apresentação das obras, a tabela 10, resume as características das obras estudadas, como número de apartamentos, cidade que se localiza e a identificação de cada.

Tabela 10– Identificação das Obras

Identificação das Obras	Número de apartamentos	Cidade
A	300	Novo Hamburgo
B	300	São Leopoldo
C	320	Canoas
D	416	Caxias do Sul
E	100	Canoas
F	200	Sapucaia do Sul

Fonte: Elaborado pela autora.

A partir de análise do projeto arquitetônico das obras analisadas, a tabela 11 apresenta características como a área total construída, o número de pavimentos, número de prédios no lote e número de apartamentos por pavimento das obras estudadas.

Tabela 11 – Características de projetos e implantação

Identificação dos empreendimentos	Área total construída (m ²)	Nº de pavimentos	Nº de blocos	Número de apartamentos por pavimento
A	23867,67	5	15	4
B	25981,97	5	15	4
C	30638,37	5	16	4
D	33272,51	11 e 5	14	8 e 4
E	8965,54	5	5	4
F	17898,25	5	10	4

Fonte: Elaborado pela autora.

Em geral as obras (amostra) possuem 15 prédios de 5 pavimentos com 4 apartamentos por pavimento, sendo a amostra D com características mais diferentes, já que possui 2 prédios de 11 pavimentos com 8 apartamentos por pavimentos e 12 prédios de 5 pavimentos com 4 apartamentos por pavimento. As características referentes ao projeto arquitetônico são denominadas como variável independente no modelo proposto.

A quantidade de resíduo gerado em cada obra foi informada pela construtora, sendo que esta possui essas informações em registros próprios. As informações são individuais para cada obra e separadas por mês, já que este documento é necessário para o pagamento mensal das empresas que transportam e destinam o resíduo gerado.

Como variável que representa a influência da produção, foi considerado o prazo de obra, em meses, cujos dados são apresentados na tabela 12.

Tabela 12 – Prazo das Obras

Identificação dos empreendimentos	Número de apartamentos	Tempo de obra (meses)
A	300	28
B	300	30
C	320	32
D	416	36
E	100	18
F	200	24

Fonte: Elaborado pela autora.

Desta forma foi realizada a contagem de tempo de obra, quantidade de resíduo de calça, de madeira, de gesso e químico que cada obra gerou, somando assim o total, em volume gerado (m³). É importante salientar que não foi considerado fator de empolamento dos resíduos nas caçambas e a quantidade de resíduo gerado é a variável depende no modelo a ser proposto.

Os volumes de resíduos totais gerado ao longo da execução de cada uma das obras estão apresentados na tabela 13. Nesta também mostra o resíduo separado por madeira, gesso, calça e químico, que foram os resíduos contabilizados para o total. Vale ressaltar que não estão sendo contabilizados os resíduos de papel, papelão, plásticos e solos. Estes resíduos não são contabilizados, já que estes não são controlados e são coletados pela coleta seletiva de cada cidade.

Tabela 13 – Volume de resíduo gerado

Identificação	Madeira (m ³)	Gesso (m ³)	Calça (m ³)	Químico (m ³)	Total resíduo obra (m ³)
A	480	50	645	129	1304
B	380	30	530	105	1045
C	370	24	496	120	1010
D	370	40	625	115	1150
E	185	15	205	40	445
F	210	25	285	75	595

Fonte: Elaborado pela autora.

3.2 Tratamento dos dados

Na etapa de tratamento de dados, a primeira análise da geração dos resíduos das obras foi realizada a partir da comparação dos quantitativos de cada obra, de uma forma geral ou a partir de indicadores unitários, dividindo-se a quantidade de resíduo pelas variáveis levantadas: área construída, número de apartamentos, tempo de obra, entre outras.

Num segundo momento os dados foram tratados através da utilização de ferramenta de análise estatística, sendo que o tratamento dos dados foi através do método de regressão linear simples. Como descrito, a variável dependente (Y) e as variáveis independentes (X) foram analisadas através de regressão múltipla. Desta forma prever um valor dependente único a partir de valores independentes já conhecidos.

Sendo definido o nível de significância $\alpha = 0,05$, sendo assim utilizado variáveis mais significativas, para então, atingir o modelo mais adequado, com os coeficientes de determinação (R^2) e de correlação (r). O modelo de regressão, obtido na Equação 1, foi estabelecida para estimar o volume de resíduo de uma obra.

Equação 1:

$$y = b_0 + b_1 x_1$$

Em que:

y= valor estimado da variável dependente;

b= coeficientes parciais de regressão estimados;

x= variáveis independentes para p variáveis;

O tratamento dos dados foi realizado através de diversas rodadas em gráficos de dispersão gerados no Excel, a fim de ajustes na amostra e nas variáveis, buscando a geração de equações com melhor poder de explicação da geração de resíduos. Contudo, foi definido que as variáveis analisadas serão número de apartamento, área total construída, números de blocos e tempo de obra.

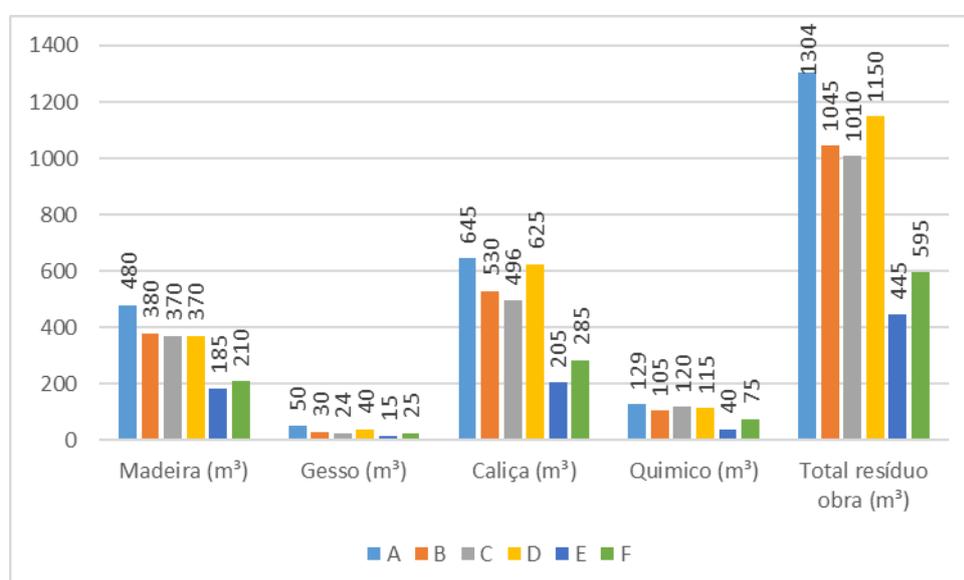
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados e analisados os resultados obtidos. No final é apresentado o modelo obtido pelas análises realizadas.

4.1 Análise da geração dos resíduos nas obras

Os dados da geração de resíduos, por tipo de material especificado nos registros da empresa estão apresentados no gráfico 1.

Gráfico 1– Volume de resíduo gerado



Fonte: Elaborado pela autora.

No gráfico 1, é possível notar discrepância em cada empreendimento, separado por tipo de resíduos ou resíduo total gerado. O resíduo que possui maior índice de geração, em todas as obras, é a calça e o com menor índice de geração é o gesso. Essa relação ocorre, já que a calça é utilizada em todas as etapas de obra e já o gesso, por exemplo, apenas em atividades específicas.

Evidencia-se na tabela 14 indicadores de geração de resíduos unitários, utilizando como indexador a área construída (m²) e o número de apartamentos, sendo dividido o volume gerado em cada obra por área construída no respectivo empreendimento. Mesmo ocorre na geração de resíduos por apartamento, neste é dividido o volume gerado pela número de apartamentos em cada.

Tabela 14 – Volume de resíduo gerado

Identificação dos empreendimentos	Nº de apartamentos	Área total construída (m ²)	Total resíduo obra (m ³)	Geração de resíduos/ área construída (m ³ /m ²)	Geração de resíduos/ nº de apartamentos (m ³ /aptos)
A	300	23867,67	1304	0,055	4,347
B	300	25981,97	1045	0,040	3,483
C	320	30638,37	1010	0,033	3,156
D	416	33272,51	1150	0,035	2,764
E	100	8965,54	410	0,046	4,100
F	200	17898,25	595	0,033	2,975

Fonte: Elaborado pela autora.

A tabela acima representa variáveis de projeto arquitetônico, as quais são verificadas para gerar relação com a geração de resíduos.

4.2 Análise estatística dos dados

Na tabela 15 é apresentada a análise descritiva dos dados coletados, a partir dos valores mínimos e máximos de cada variável, média, desvio padrão e coeficiente de variação.

Tabela 15 – Análise descritiva

Variáveis	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	Coef. de variação (%)
Área total	6	8965,54	33272,51	23437,385	8892,247	37,940
Nº apartamentos	6	100	416	272,667	108,971	39,965
Nº de blocos	6	5	16	12,500	4,231	33,847
Tempo de obra	6	18	36	28,000	6,325	22,588
Geração de madeira (m ³)	6	150	480	326,667	122,420	37,476
Geração de gesso (m ³)	6	15	50	30,667	12,517	40,815
Geração de calça (m ³)	6	205	645	464,333	180,656	38,907
Geração de químico (m ³)	6	40	129	97,333	33,685	34,608
Geração total de resíduo (m ³)	6	410	1304	919,000	343,453	37,372
Geração de resíduos/ nº de apartamentos (m ³ /aptos)	6	2,764	4,35	3,471	0,634	18,253
Geração de resíduos/ área construída (m ³ /m ²)	6	0,033	0,05	0,040	0,009	21,427

Fonte: Elaborado pela autora.

Com os dados apresentados verificou-se que há variedade nos dados coletados, o que indica que os dados não são homogêneos. Desta forma, destaca-se a geração de resíduos dividida pela área total (m^3/m^2), que analisando os seis empreendimentos variava 0,033 a $0,05m^3/m^2$, com média de $0,040m^3/m^2$ e coeficiente de variação de 21,427%.

4.3 Análise regressão

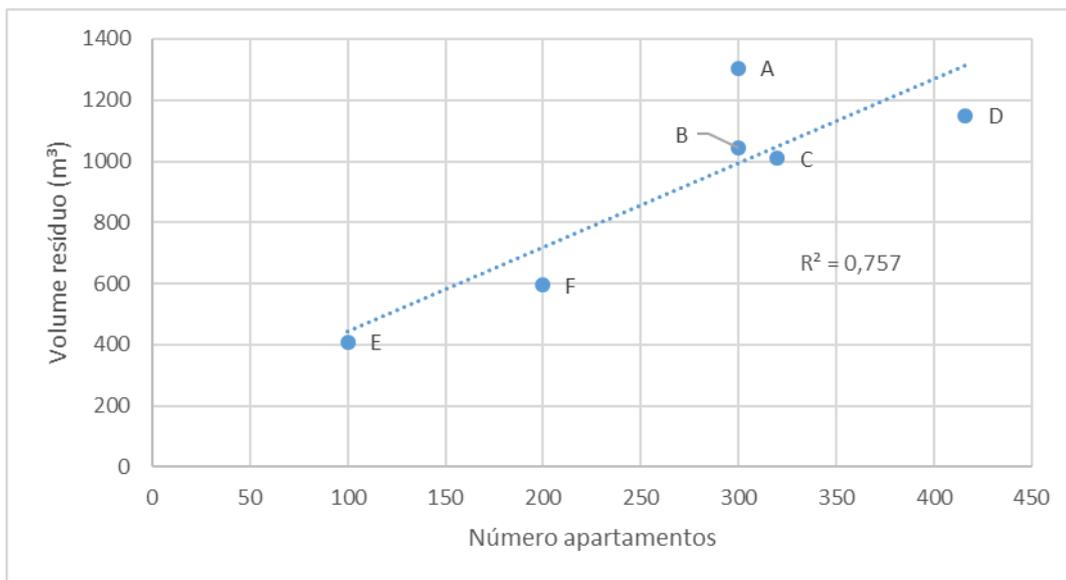
Considerando o volume de resíduo gerado como variável dependente, realizou-se a análise de cada variável independente de forma isolada, quais sejam: número de apartamentos, área total construída, número de blocos, tempo de obra, geração de resíduos pelo número de apartamentos ($m^3/apto$) e geração de resíduos pela área total construída (m^3/m^2).

Essa análise foi realizada a partir de gráficos de dispersão no Excel, verificando-se o R^2 gerado e a equação da linha de tendência, verificando relação causa e efeito entre as variáveis e. Essa análise foi realizada em diversas rodadas, testando-se ajustes na amostra e variáveis.

4.3.1 Rodada 1

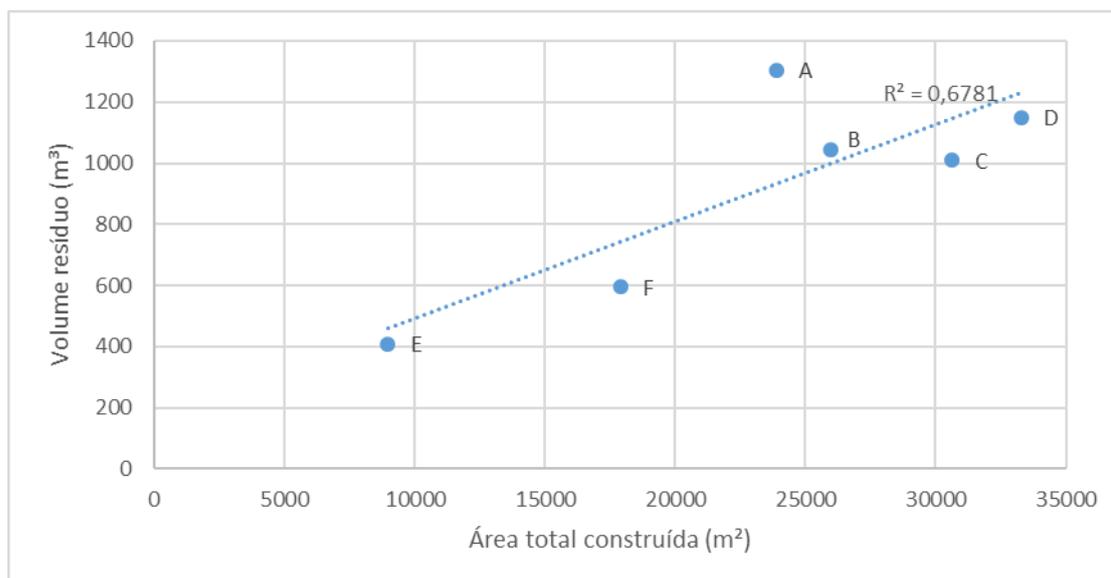
Os Gráficos 02 a 07 apresentam os resultados da primeira rodada de regressão linear. Nessa etapa em todos os parâmetros foi utilizado os dados das seis obras.

Gráfico 2– Variável número de apartamentos



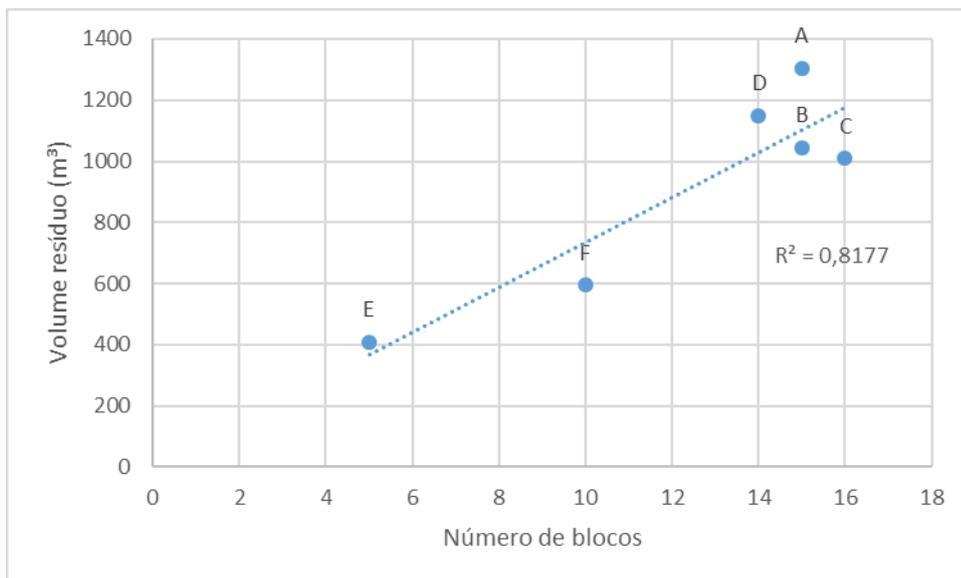
Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 3 – Variável área total construída (m²)



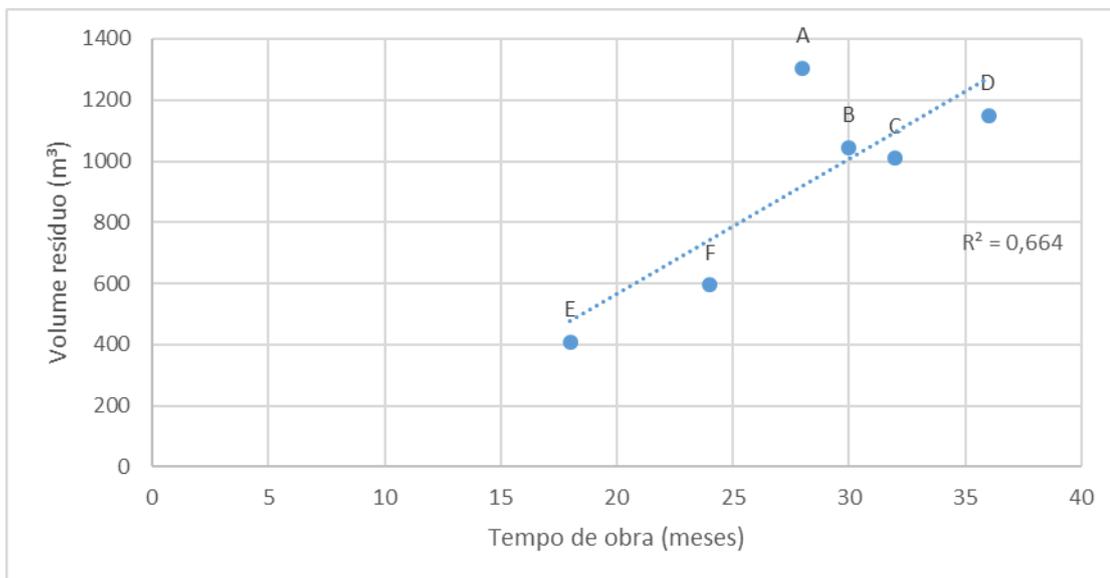
Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 4 – Variável número de blocos

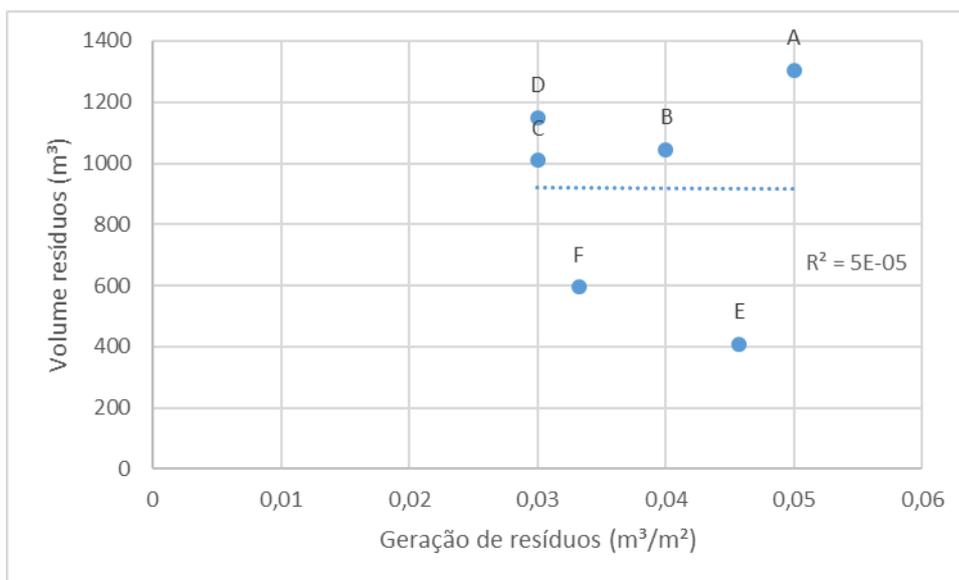


Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 5 – Variável tempo de obra

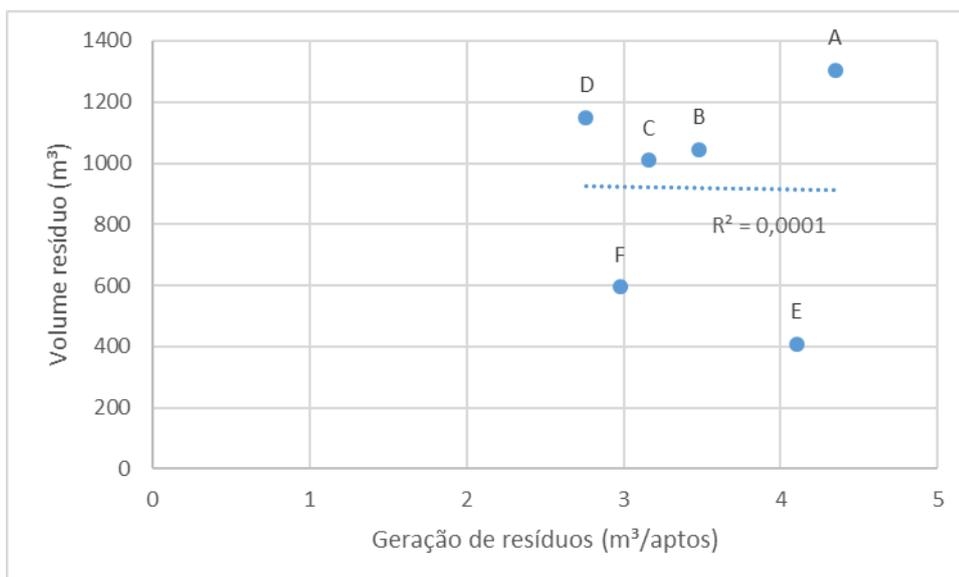


Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 6 – Variável geração de resíduos por m³

Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 7 – Variável geração de resíduos por apartamento



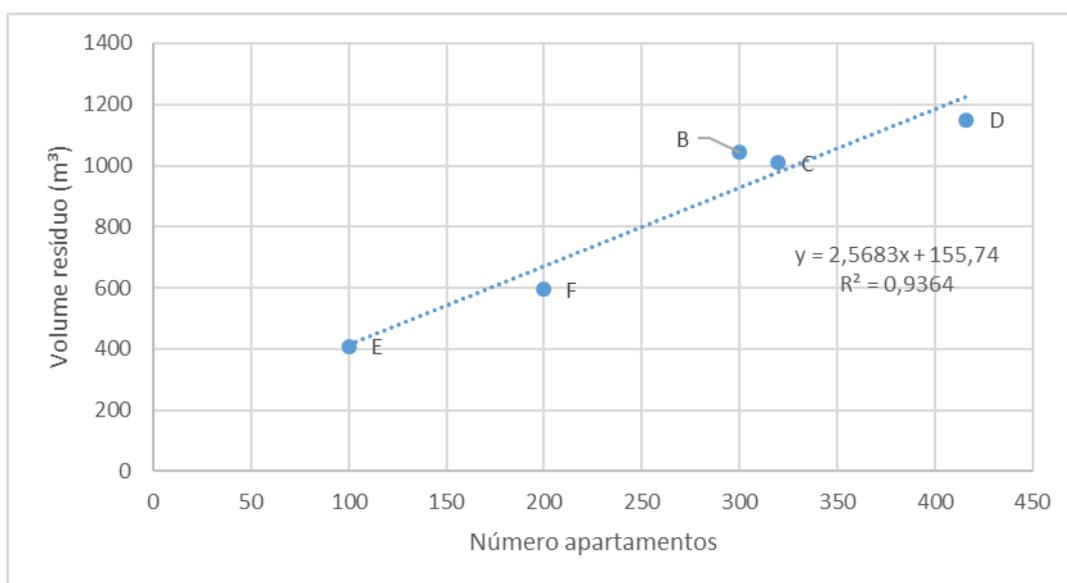
Fonte: Elaborado pela autora.

4.3.2 Rodada 2

A partir dos gráficos apresentados, é possível verificar que o R² de todas as análises está com poder de explicação baixo. Com isso, foi efetuada uma segunda rodada de regressão, na qual cada variável foi analisada a partir do resultado apresentado (Gráficos 08 a 13).

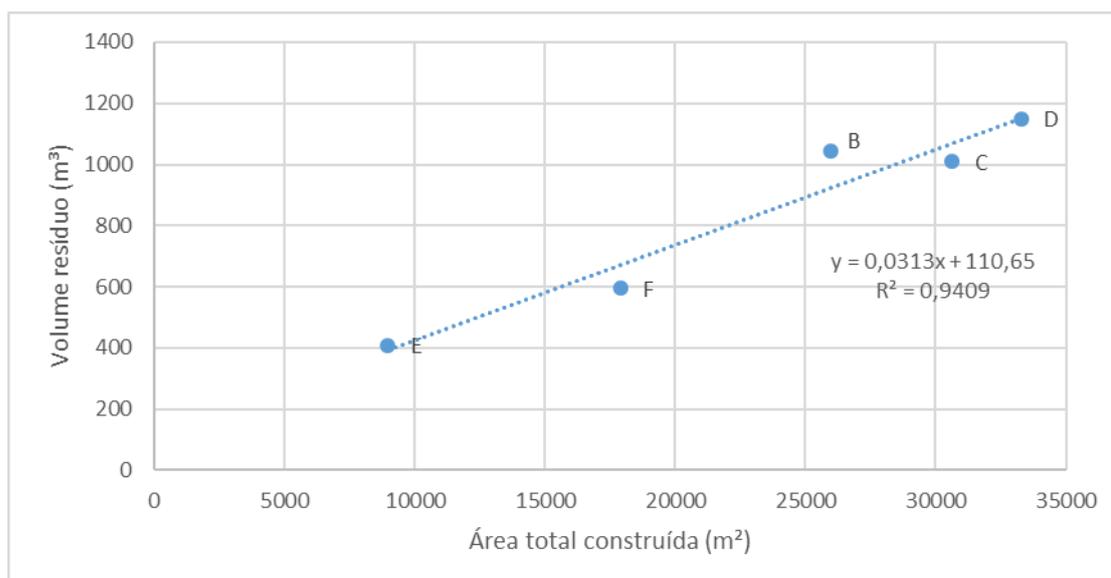
Os gráficos 08, 09 e 10 apresentam a regressão das variáveis número de apartamentos, área total construída e tempo de obra, respectivamente. Nessa nova rodada nessas variáveis foi descartada a amostra A, considerada como *outlier*, visto que ela estava muito fora da linha de tendência e influenciando o R^2 .

Gráfico 8 – Variável número de apartamentos – segunda rodada



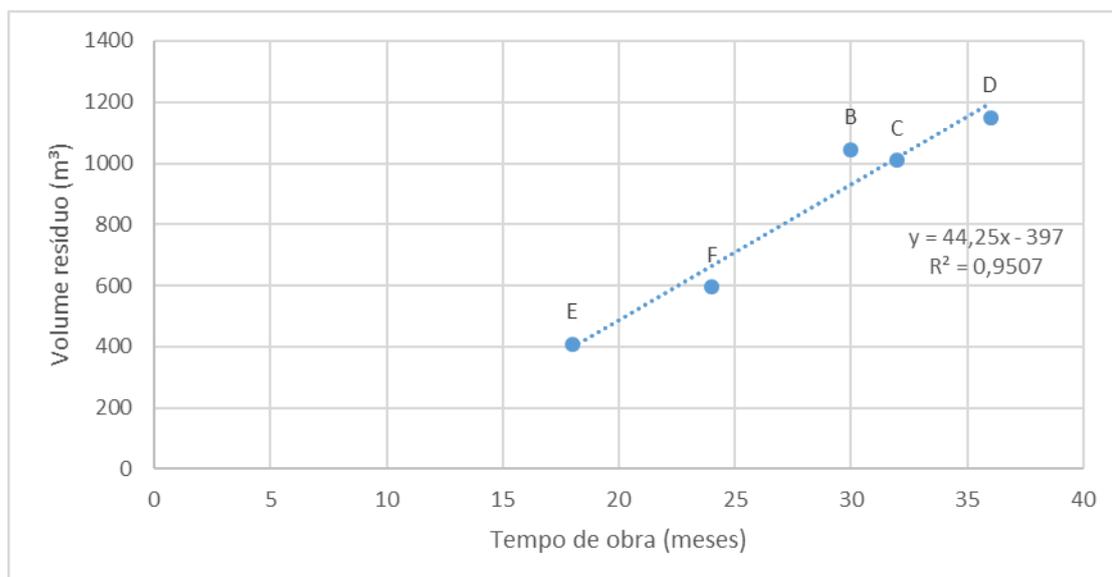
Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 9 – Variável área total construída (m²) – segunda rodada



Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 10 – Variável tempo de obra – segunda rodada

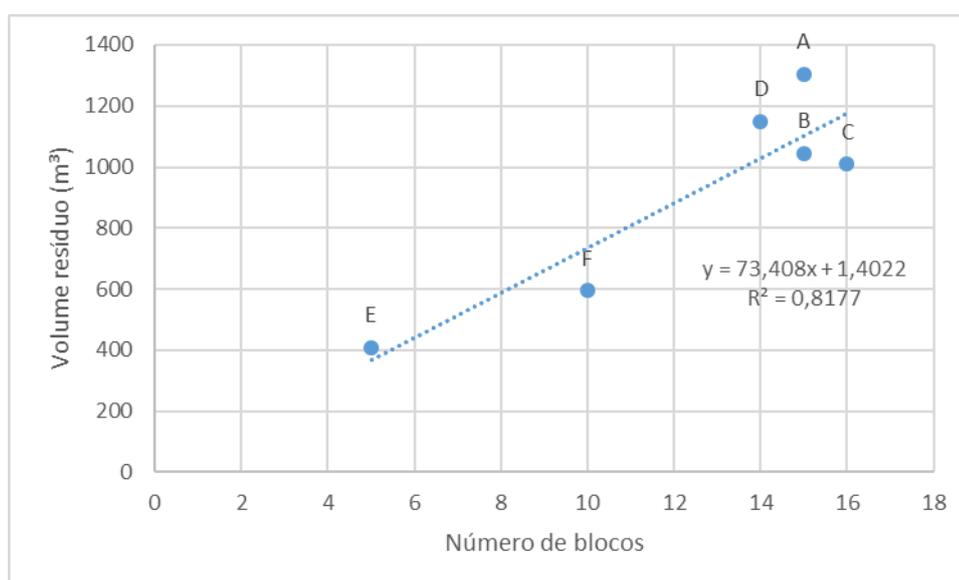


Fonte: Elaborado pela autora.

Nestas análises é possível verificar que o R^2 no gráfico 08 foi para 0,9364, no gráfico 09 o R^2 foi para 0,9409 e no gráfico 10 para 0,9507. Obtendo maior confiabilidade na relação entre as variáveis e assim gerando as equações.

Na análise mostrada no gráfico 11 observa-se que não foi removida nenhuma amostra, visto que o R^2 está com valor intermédio e nenhuma está destoando da linha de tendencia, com isso foi gerada a equação.

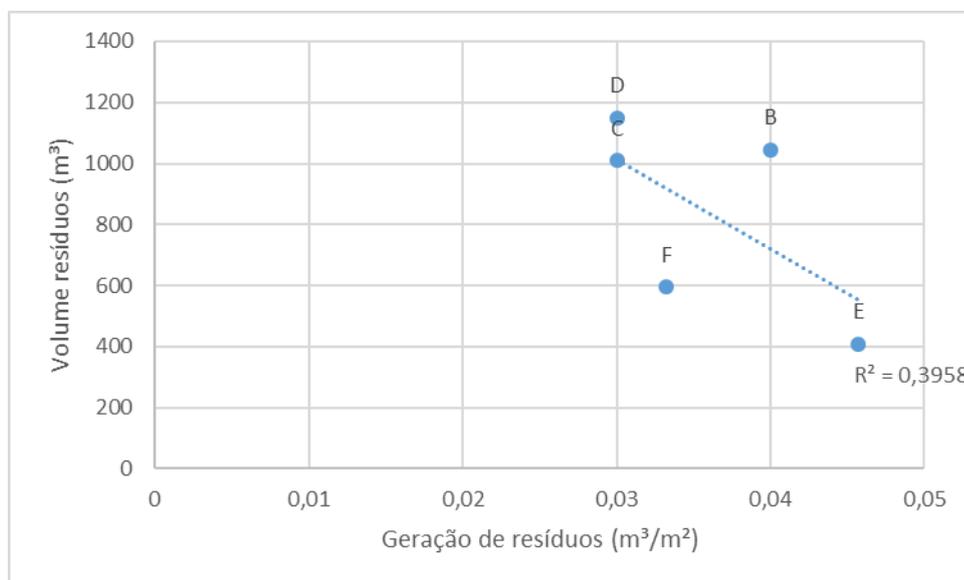
Gráfico 11 – Variável número de blocos – segunda rodada



Fonte: Elaborado pela autora.

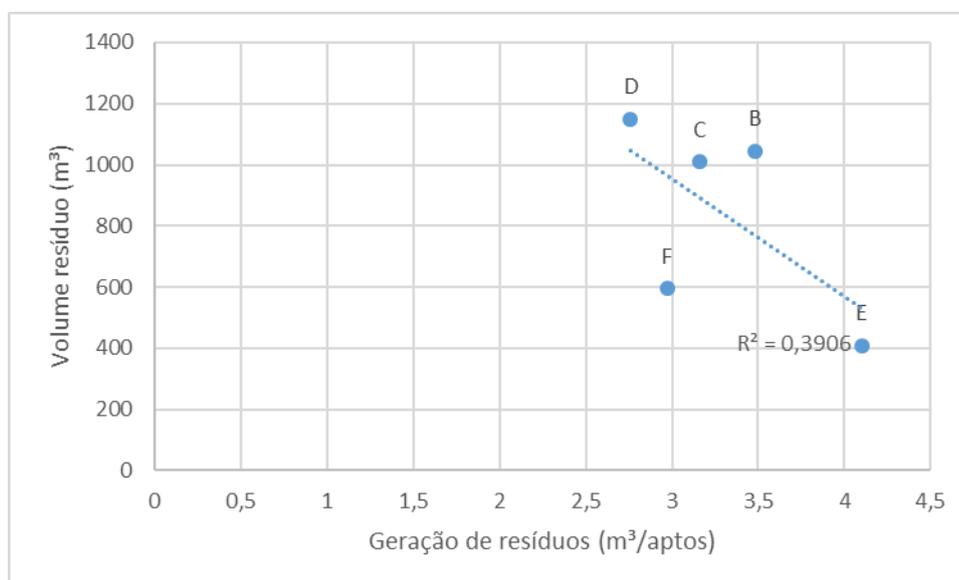
Nas análises dos gráficos 12 e 13, foi descartada a amostra A, porém, ainda assim, o R^2 das ficou com baixo índice de confiabilidade, com isso essas variáveis não serão mais avaliadas.

Gráfico 12 – Variável geração de resíduos por m^3 - segunda rodada



Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 13 – Variável geração de resíduos por apartamento - segunda rodada

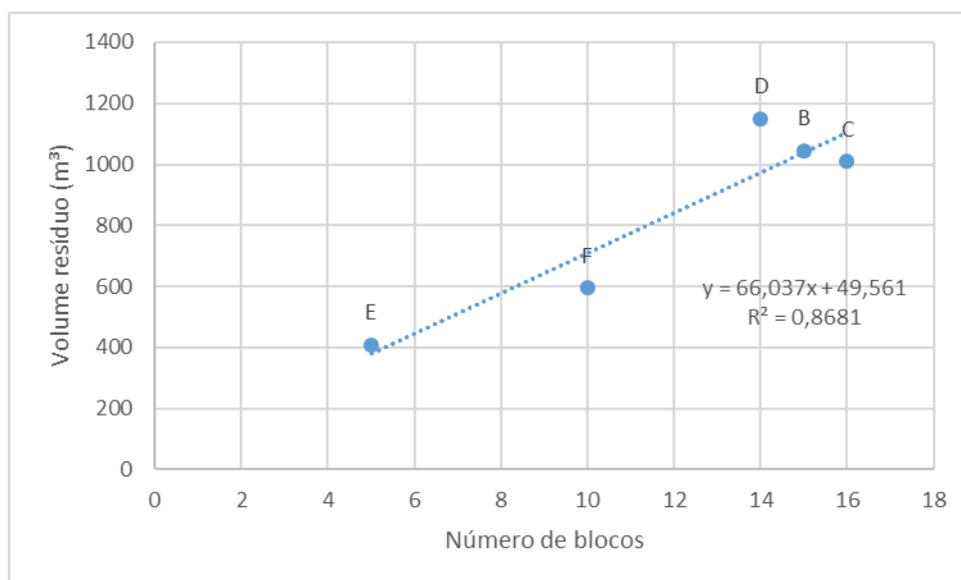


Fonte: Elaborado pela autora.

4.3.3 Rodada 3

O gráfico 14 apresenta a regressão para variável número de blocos, com aumento de R^2 .

Gráfico 14– Variável número de blocos – terceira rodada



Fonte: Elaborado pela autora.

A variável número de blocos, foi realizada a regressão três rodadas, sempre buscando o aumento do R^2 , na terceira rodada foi eliminada a amostra A, assim como nas outras variáveis e aumentou o R^2 para 0,8681.

4.4 Parâmetros para estimativa de geração de resíduos

Propõe-se a utilização das equações das linhas de tendência das análises de regressão linear que apresentaram altos fatores R^2 . Assim, as variáveis a serem utilizadas para estimar a quantidade de resíduo consistem em: número de apartamento, área total construída, número de blocos e tempo de obra.

Nas análises envolvendo essas quatro variáveis com a quantidade de resíduo gerada apresentaram R^2 0,9364; 0,9409; 0,8177; e 0,9507 respectivamente.

Na equação 2, é apresentada a equação a partir da variável independente número de apartamentos.

Equação 2:

$$y = 2,5683 x + 155,74$$

Em que:

y= valor estimado da variável dependente, volume de resíduo gerado;

x= variável independente, número de apartamentos.

Na equação 3, é exibida a equação a partir da variável independente área total construída, m³.

Equação 3:

$$y = 0,0313 x + 110,65$$

Em que:

y= valor estimado da variável dependente, volume de resíduo gerado;

x= variável independente, área total construída (m²).

Já na equação 4, é mostrada a equação a partir da variável independente número de blocos.

Equação 4:

$$y = 66,037 x + 49,561$$

Em que:

y= valor estimado da variável dependente, volume de resíduo gerado;

x= variável independente, número de blocos.

Por fim, na equação 5, é apresentada a equação a partir da variável independente tempo de obra, em meses.

Equação 5:

$$y = 44,25 x - 397$$

Em que:

y= valor estimado da variável dependente, volume de resíduo gerado;

x= variável independente, tempo de obra em meses.

4.5 Estimativa da quantidade de resíduo a partir dos parâmetros propostos

A partir dos parâmetros propostos através das equações apresentadas, foi feita uma estimativa da geração de resíduos das obras estudadas, comparando-se o resultado obtido com o parâmetro ao resultado de geração de resíduo informado pela construtora.

A Tabela 16 mostra os resultados obtidos com a aplicação do parâmetro que leva em conta a variável número de apartamento.

Tabela 16– Resultado pela equação da variável independente, nº de apartamento

Identificação dos empreendimentos	Variável independente (nº de apartamento)	Variável dependente (a partir da equação gerada)	Variável dependente (dado fornecido pela construtora)	Porcentagem de aproximação do resultado
A	300	926,23	1304	71,03
B	300	926,23	1045	88,63%
C	320	977,596	1010	96,79%
D	416	1224,1528	1150	106,45%
E	100	412,57	410	100,63%
F	200	669,4	595	112,50%
			Média	96,01%

Fonte: Elaborado pela autora.

Na tabela 16 é possível verificar a aproximação dos resultados obtidos com a variável dependente fornecida pela construtora, sendo o volume a geração de RCD, em volume (m³). Foi calculado a variável dependente para a amostra A, mesmo sendo descartada na obtenção da equação, visto que obteve a aproximação de 71,03% e é significativa. Contudo, as amostras B e F foram obtidas as maiores taxas de variação, sendo 88,63% e 112,50%, respectivamente. Já na amostra E a taxa foi de 100,63%. Na média dos resultados das amostras, foi obtido a taxa de 96,01%.

Na segunda variável independente que foi utilizada a equação para obter resultados de variável dependente, foi a de área total construída.

Tabela 17– Resultado variável dependente pela equação da variável independente, área total construída

Identificação dos empreendimentos	Variável independente (área total construída)	Variável dependente (a partir da equação gerada)	Variável dependente (dado fornecido pela construtora)	Porcentagem de aproximação do resultado
A	23867,67	857,708071	1304	65,78%
B	25981,97	923,885661	1045	88,41%
C	30638,37	1069,630981	1010	105,90%
D	33272,51	1152,079563	1150	100,18%
E	8965,54	391,271402	410	95,43%
F	17898,25	670,865225	595	112,75%
			Média	94,74%

Fonte: Elaborado pela autora.

Na tabela 17, foi obtido resultados satisfatórios pela aproximação dos resultados da variável dependente, sendo a amostra com maior taxa de variação foi a A, com taxa de variação de 65,78%. Já na amostra D, com a menor taxa de variação, igual a 100,18%. Na média dos resultados das amostras, foi obtido a taxa de 94,74%.

Já a terceira variável independente que foi utilizada para gerar resultados, a partir da equação obtida, foi a quantidade de blocos.

Tabela 18 – Resultado variável dependente pela equação da variável independente, número de blocos

Identificação dos empreendimentos	Variável independente (número de blocos)	Variável dependente (a partir da equação gerada)	Variável dependente (dado fornecido pela construtora)	Porcentagem de aproximação do resultado
A	15	1040,116	1304	79,76%
B	15	1040,116	1045	99,53%
C	16	1106,153	1010	109,52%
D	14	974,079	1150	84,70%
E	5	379,746	410	92,62%
F	10	709,931	595	119,32%
			Média	97,57%

Fonte: Elaborado pela autora.

Na tabela 18 foi obtido resultados bons pela aproximação dos resultados da variável dependente. Sendo as amostras com maiores taxas de variação, a A, a D e a F, as quais apresentaram a taxa de variação igual a 79,76%, 84,70% e 119,32%, respectivamente. Já na amostra B, foi a com menor taxa de variação, igual a 99,53%. Na média dos resultados das amostras, foi obtido a taxa de 97,57%.

A última variável independente que foi utilizada para estimar a variável dependente, pela equação obtida, foi o tempo de obra, em meses.

Tabela 19 – Resultado variável dependente pela equação da variável independente, tempo de obra

Identificação dos empreendimentos	Variável independente (tempo de obra)	Variável dependente (a partir da equação gerada)	Variável dependente (dado fornecido pela construtora)	Porcentagem de aproximação do resultado
A	28	842,0	1304	64,57%
B	30	930,5	1045	89,04%
C	32	1019	1010	100,89%
D	36	1196	1150	104,00%
E	18	399,5	410	97,44%
F	24	665	595	111,76%
			Média	94,62%

Fonte: Elaborado pela autora.

Por fim, na tabela 19 foram obtidos resultados eficazes pela aproximação dos resultados da variável dependente, sendo a amostra com maior taxa de variação, a A, a qual apresenta a taxa de variação igual a 64,57%. Já na amostra C, foi a com menor taxa de variação, igual a 100,89%. Na média dos resultados das amostras, foi obtida a taxa de 94,62%.

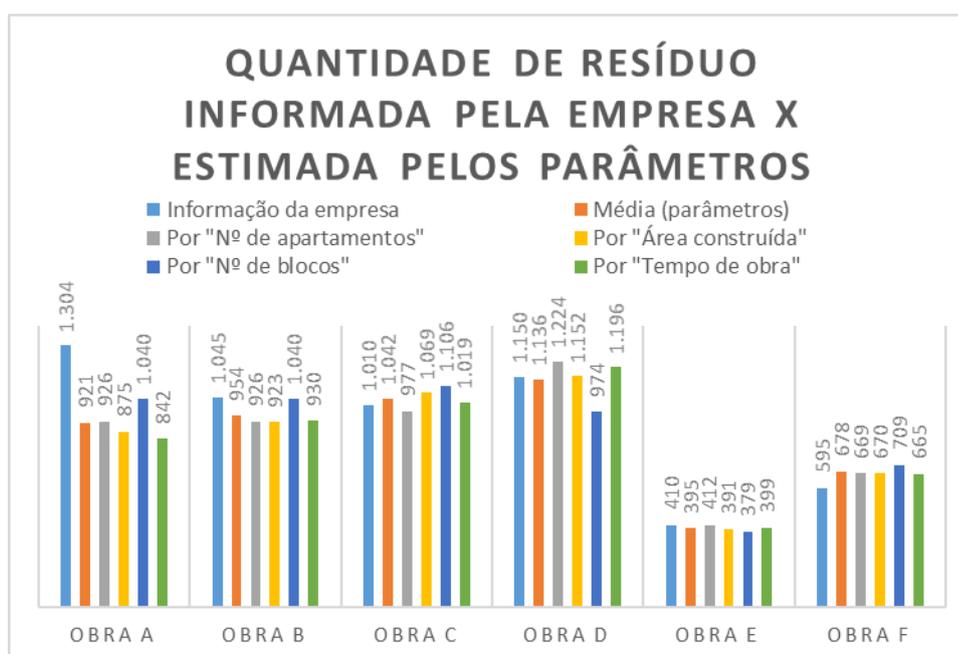
Com os resultados apresentados, se verifica que as quatro equações propostas são eficientes, já que a média das amostras foram próximas de 100% considerando o total de resíduo efetivamente medido ao final das obras. Outra aplicação dos parâmetros para a estimativa de resíduos das obras estudadas é utilizando-se uma média do resultado obtido pelas quatro equações, conforme mostrado na tabela 20, visualizado no gráfico 15.

Tabela 20 – Comparação dos resultados das quatro equações

Parâmetro de estimativa de resíduo	Obra A	Obra B	Obra C	Obra D	Obra E	Obra F
Informação da empresa	1.304	1.045	1.010	1.150	410	595
Média (parâmetros)	921	954	1.042	1.136	395	678
Por "Nº de apartamentos"	926	926	977	1.224	412	669
Por "Área construída"	875	923	1.069	1.152	391	670
Por "Nº de blocos"	1.040	1.040	1.106	974	379	709
Por "Tempo de obra"	842	930	1.019	1.196	399	665

Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 15 – Comparação dos resultados



Fonte: Elaborado pela autora.

Na tabela 20 e gráfico 15, é verificado que a média dos parâmetros se mostra válida, já que passa a considerar as variáveis de forma conjunta, ponderando os resultados de maiores diferenças e assim se aproxima ainda mais da quantidade de resíduo informada.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista o grande papel da construção civil na geração de resíduos, neste trabalho foram analisadas seis obras de empreendimentos EHIS com sistema construtivo parede de concreto. A partir da definição das obras foi verificado a influência do projeto arquitetônico e execução da obra para a geração de resíduos. Com base nos dados apresentados, é verificado que em todas as obras apresentadas o maior volume de resíduo é contabilizado de classe de risco A, sendo a calça. Já o segundo colocado, são os resíduos classe B, denominados de madeiras, que também é unânime em todas as obras.

Com base nas características das obras estudadas, foi verificado as variáveis de projeto arquitetônico que mais representaram as obras. A partir da definição das obras, foram analisadas as variáveis de número de apartamento, número de bloco e área total construída, as quais apresentam ao final das regressões R^2 de 0,9364, 0,8681 e 0,9409, respectivamente. Já a variável de execução analisada foi tempo de obra, esta apresentou R^2 de 0,9507.

Com a obtenção dos R^2 satisfatórios, seguiram com a análise das equações de regressão. Com as equações obtidas, a partir do método de regressão, realizou-se o teste de cada os parâmetros propostos. É verificado que a variável tempo de obra se aproximou, em média, 100,63% do volume informado inicialmente pela construtora, já a variável número de apartamento, se aproximou, 101,00%, a variável número de blocos, 101,14% e a variável área construída, 100,54%. Por fim, é verificado que todas as variáveis, se aproximaram, em média, 100%, da quantidade de resíduo informada pela construtora, já que todos os parâmetros ficaram muito próximos do apresentado.

A partir dos parâmetros propostos é possível calcular a quantidade de resíduo gerado em novas obras com sistema construtivo parede de concreto e características de projeto arquitetônico semelhantes as apresentadas. Desta forma, o orçamento inicial da obra já irá contabilizar a quantidade e custo de resíduos para determinado empreendimento.

Levando em consideração variáveis de simples utilização em etapas iniciais de obra, como área total construída, número de apartamento, número de blocos e tempo de obra, a estimativa da geração de resíduo pode ser facilmente obtida, e

assim utilizada para fins de controle da quantidade de resíduo gerada e estabelecimento de metas para redução.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. Associação das Empresas de Limpeza Pública. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil** – Relatório Anual 2020.

AGOPYAN, V.; JOHN, V. **O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil**. São Paulo: Blucher, 2011.

ANGULO, S.C.; TEIXEIRA, C.E.; CASTRO, A.L. Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação. **Ambiente Construído**, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 299-306, jul./set. 2011.

BRASIL. 2002. **Resolução CONAMA nº 307** - Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 de julho de 2002. Seção 1, p. 95-96.

BRASIL. 2010. **Lei nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. In: Presidência da República Brasileira, Brasília 2007. Disponível em: Acesso em: 13 out. 2021.

DIAS, M.F. **Modelo para estimar a geração de resíduos na produção de obras residências verticais**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Unisinos, São Leopoldo, 2013.

GUIA para Elaboração de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. In: LIMA, Ruy Reynaldo Rosa; LIMA, Rosimeire Suzuki. **Guia para Elaboração de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil**. [S. l.], 2012. Disponível em: https://www.cuiaba.mt.gov.br/upload/arquivo/cartilhaResiduos_web2012.pdf. Acesso em: 5 out. 2021.

INOJOSA, Fernanda Cunha Pirillo. **Gestão de Resíduos de Construção e Demolição: a Resolução CONAMA 307/2002 no Distrito Federal**. Orientador:

Raquel Naves Blumenschein. 2010. 225 f. Dissertação Mestrado (Mestre em desenvolvimento sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, 2010. Disponível em:

https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/7943/1/2010_FernandaCunhaPirilloInojosa.pdf. Acesso em: 8 out. 2021.

NAGALLI, André. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção**. São Paulo: Redação de Textos, 2014.

PUCCI, Ricardo Basile. **Logística de resíduos da construção civil atendendo à resolução CONAMA 307**. Orientador: Prof Dr. Nicolau Dionísio Fares Gualda. 2006. 154 f. Dissertação Mestrado (Mestre em Engenharia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3148/tde-05092006-141310/publico/LogisticadeResiduosdaConstrucaoCivilAtendendoaResolucaoCONAMA307.pdf>. Acesso em: 20 out. 2021.

ROTH, C. G.; GARCIAS, C. M. Construção Civil e a Degradação Ambiental. Desenvolvimento em questão, Editora Unijuí, Ijuí, ano 7, n. 13, p. 111-128, jan./jun. 2009.

SAÉZ, P.V.; MERINO, M. DeIR.; 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.

SILVA, Otavio Henrique Da Silva *et al.* Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM. **Etapas do gerenciamento de resíduos da construção civil**, Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 19, ed. Especial, p. 39 - 48, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/index.php/reget/article/view/20558>. Acesso em: 11 out. 2021.

TESSANO, A.B.; SÁ, J.S. DE; SCREMIN, 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.