

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

LUNA OLLIN STEFFEN DE OLIVEIRA

**PROPOSTA DE ÍNDICE DE GERAÇÃO DE RESÍDUO NA EXECUÇÃO
DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EMBUTIDAS EM ALVENARIA**

DISSERTAÇÃO

**CURITIBA
2018**

LUNA OLLIN STEFFEN DE OLIVEIRA

**PROPOSTA DE ÍNDICE DE GERAÇÃO DE RESÍDUO NA EXECUÇÃO
DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EMBUTIDAS EM ALVENARIA**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção de grau de mestre em Engenharia Civil, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Curitiba.

Orientador: Prof. Dr. André Nagalli.

**CURITIBA
2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

048p Oliveira, Luna Ollin Steffen de
2018 Proposta de índice de geração de resíduo na execução de instalações elétricas embutidas em alvenaria / Luna Ollin Steffen de Oliveira.-- 2018.
126 f.: il.; 30 cm.

Disponível também via World Wide Web
Texto em português com resumo em inglês
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Curitiba, 2018
Bibliografia: p. 106-118

1. Construção civil - Resíduos de construção e demolição (RCD). 2. Resíduos como material de construção. 3. Resíduos sólidos urbanos. 4. Instalações elétricas. 5. Construção sustentável. 6. Engenharia civil - Dissertações.

I. Nagalli, André, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, inst. III. Título.

CDD: Ed. 22 -- 624

TERMO DE APROVAÇÃO DE DISSERTAÇÃO Nº 147

A Dissertação de Mestrado intitulada PROPOSTA DE ÍNDICE DE GERAÇÃO DE RESÍDUO NA EXECUÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EMBUTIDAS EM ALVENARIA, defendida em sessão pública pelo(a) candidato(a) **Luna Ollin Steffen de Oliveira**, no dia 29 de março de 2018, foi julgada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, área de concentração Meio Ambiente, e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. André Nagalli - Presidente - UTFPR

Prof. Dr. Arthur Medeiros – UTFPR

Prof. Dr. José Alberto Cerri - UTFPR

Prof. Dr. José de Almendra Freitas Junior - UFPR

A via original deste documento encontra-se arquivada na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação após a entrega da versão corrigida do trabalho.

Curitiba, 29 de março de 2018.

Carimbo e Assinatura do(a) Coordenador(a) do Programa

Ao meu marido, Charles, por ser meu maior apoio

À minha mãe, Sânia, pelo exemplo de vida que é

À memória do meu pai, Cícero, que muito se orgulharia deste feito

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por tudo que Ele representa para mim.

Ao meu amado marido, Charles Jaster, por ser o meu maior exemplo de dedicação, inteligência e comprometimento, por conquistar junto comigo essa vitória; agradeço principalmente pelo seu amor.

Agradeço a minha mãe, Sânia de Oliveira, por não poupar esforços para que eu tivesse um ótimo estudo e para que nada me faltasse. Obrigada por ser esse exemplo de força e persistência, sem você eu não teria chegado até aqui.

Ao meu irmão amado, Luis Gustavo Steffen, por quem tenho muito orgulho.

Em memória, agradeço ao meu pai, Cícero, de quem herdei o humor e que seria o primeiro a chorar e anunciar ao mundo essa conquista.

Aos meus sogros, Herta e Jailson, que sempre acreditaram em mim e me incentivaram, sempre com muito carinho, a seguir em frente.

Agradeço ao meu professor e orientador, André Nagalli, por todo conhecimento que me foi passado nesses anos, por todas as ideias e incentivos para a realização deste trabalho.

Agradeço aos membros da banca da minha qualificação, José Alberto Cerri e Flavio Bentes Freire, pelas críticas e opiniões que foram muito importantes para a finalização deste estudo.

Agradeço aos amigos que fiz nessa jornada, amigos da “salinha”, com quem compartilhei muitas alegrias e alguns murmúrios; em especial, minha amiga Fernanda Feltrim, pelas cuias de chimarrão compartilhadas, pelos abraços e conselhos.

Ao Paulo, por toda ajuda na construção da parede no canteiro de obras.

À empresa Cortag Indústria e Comércio LTDA pela doação da cortadora de parede fresa, usada neste trabalho.

Agradeço à CAPES e à Fundação Araucária pelos meses de concessão de bolsa para auxílio a este projeto.

A todos aqueles que direta ou indiretamente fizeram parte desta minha jornada.

RESUMO

STEFFEN, Luna Ollin. **Proposta de índice de geração de resíduo na execução de instalações elétricas embutidas em alvenaria**. 2018. 126f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

A maior parte dos resíduos de construção gerados é passível de aproveitamento como agregados, tipificados na legislação como resíduos classe A. Uma das atividades que contribui para essa geração é a de embutimento de instalações elétricas em alvenarias. O objetivo da pesquisa foi analisar a geração de resíduos no embutimento de instalações elétricas em paredes de blocos cerâmicos e propor um índice de geração de resíduo para essa atividade. O método utilizado no estudo abrangeu a coleta de dados em obras de edifícios residenciais em construção e de dados experimentais, com a construção de uma parede em escala real. Em laboratório, utilizaram-se 5 configurações diferentes de blocos na parede e três ferramentas para execução do rasgo: fresa, serra mármore e talhadeira. Com os resultados da pesquisa foi calculado o índice de geração de resíduos médio de $26,5 \pm 2,6$ kg/m² de rasgo. Quanto à produtividade, as ferramentas apresentaram diferenças de até 14 vezes com relação ao tempo de execução de um metro de rasgo. O resíduo oriundo da ferramenta fresa apresentou a menor dimensão máxima característica e a maior massa unitária, seguido dos resíduos resultantes do corte da serra mármore e da talhadeira. Os resíduos da serra mármore e talhadeira tiveram em torno de 78% da sua composição na faixa granulométrica de agregados graúdos. O resíduo proveniente da cortadora de parede do tipo fresa foi o mais fino e apresentou em média 60% da sua composição na faixa granulométrica de agregados miúdos. Conclui-se que as ferramentas utilizadas para realizar o rasgo na alvenaria têm influência sobre o tamanho do resíduo, o tempo de execução e o montante de resíduo gerado, contudo não têm influência sobre o índice de geração (kg/m²). Os dados encontrados neste trabalho, aplicados a um estudo de caso, revelaram que o embutimento de instalações elétricas em alvenaria pode ser responsável por quantidade significativa na geração de resíduos, principalmente empregando-se a talhadeira.

Palavras-Chave: Resíduo de Construção e Demolição. RCC. Índice de Geração.

ABSTRACT

STEFFEN, Luna Ollin. **Proposal of index of waste generation in the electrical installations works embedded in masonry**. 2018. 126f Dissertation (Master Degree in Civil Engineering) - The Federal University of Technology - Paraná. Curitiba, 2018.

The most produced fraction of construction and demolition waste can be used as aggregates. One of the activities that contributes to this generation is to chase walls to inlay electrical installations in masonry. It is proposed to analyse the generation of waste in the inlay of electrical installations in hollow clay bricks masonry in construction works and to propose an index of generation of waste for this activity. The study consisted of data collection in residential buildings in construction and experimental data collection with a real-scale wall construction. In laboratory, five different configurations of walls and three tools were used to execute the wall chasing: milling cutter, marble saw and cold chisel. With the results of this research was calculated the rate of waste generation of $26,5 \pm 2,6$ kg/m² of trait. As for productivity, the tools presented differences of up to 14 times in relation to the execution time of a meter of trait. The waste from the milling cutter showed the smallest maximum size of the aggregate and the largest bulk density, followed by the waste resulting from marble saw and cold chisel. The marble saw and cold chisel waste samples had around 78% of its composition in the coarse aggregate grain size range. The milling cutter waste samples was the finest and presented on average 60% of its composition in the fine aggregate grain size range. It is concluded that the tools used to chase the masonry have influence on the size of the waste, time of execution and the amount of waste generated, however they have no influence on the generation rate (kg/m²). The data found in this work, applied to a case study, reveal that the chase of walls for electrical installations in masonry can be responsible for significant amount in the generation of construction waste, mainly by using the cold chisel.

Keywords: Construction and Demolition Waste. C&D waste. Generation index.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Classificação dos Resíduos Sólidos segundo NBR 10.004/04	21
Figura 2 – Evolução da Resolução CONAMA nº 307/02.....	24
Figura 3 – Classificação dos RCC segundo a resolução CONAMA nº 307.....	25
Figura 4 – Ações para o efetivo gerenciamento dos resíduos de uma obra	31
Figura 5 – Tipos de assentamento de blocos cerâmicos	34
Figura 6 – Exemplo de um rasgo para embutimento de eletroduto.....	34
Figura 7 – Cortadora de parede com fresa de 32mm.....	35
Figura 8 – Abertura feita pela fresa	36
Figura 9 – Exemplo de serra mármore.....	36
Figura 10 – Corte da serra mármore	37
Figura 11 – Talhadeira próxima a uma régua de 20 cm	37
Figura 12 – Fluxograma com as etapas da pesquisa.....	39
Figura 13 – Distância até o primeiro furo de um bloco cerâmico.....	40
Figura 14 – Formulário para a empresa e obra	42
Figura 15 – Formulário para o executor do serviço	42
Figura 16 – Formulário para coleta de dados.....	43
Figura 17 – Coleta e pesagem do resíduo	44
Figura 18 – Balde de 15l cheio para cálculo da massa unitária do material.....	44
Figura 19 – Dados a serem coletados após o corte	45
Figura 20 – Uma amostra com dois rasgos.....	46
Figura 21 – Identificação das amostras coletadas nas obras.....	47
Figura 22 – Projeto tridimensional da parede a ser executada	48
Figura 23 – Construção da parede no canteiro de obras	48
Figura 24 – Parede finalizada e identificada	49
Figura 25 – Amostras ensacadas e identificadas após a coleta.....	50
Figura 26 – Identificação das amostras coletadas em laboratório.....	50
Figura 27 – Resíduo de talhadeira sendo misturado para ensaio de massa unitária	51
Figura 28 – Eletrodutos embutidos na parede.....	59
Figura 29 – Resíduo de parede de bloco cerâmico utilizando a fresa para corte.....	60
Figura 30 – Resíduo de parede de bloco cerâmico utilizando a serra mármore e a talhadeira para corte.....	61
Figura 31 – Resíduo de parede bloco cerâmico utilizando a talhadeira e o martelo para corte.....	61

Figura 32 – Comparação entre os tempos de fresa, serra mármore e talhadeira para 50% de um rasgo.....	67
Figura 33 – Comparação das larguras e do acabamento do rasgo para as diferentes ferramentas.....	71
Figura 34 – Composição de amostra de resíduo de fresa.....	79
Figura 35 – Composição de amostra de resíduo de serra mármore	79
Figura 36 – Composição de amostra de resíduo de talhadeira	80
Figura 37 – Planta do pavimento tipo e esquema vertical do edifício do apartamento estudado	97
Figura 38 – Projeto elétrico do apartamento tipo.....	98

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Percentual de ferramentas levantadas no estudo piloto.	54
Gráfico 2 – Tempo médio de execução do rasgo por metro	66
Gráfico 3 – Média do índice de geração de resíduos por ferramenta.....	73
Gráfico 4 – Curva granulométrica das amostras de fresa	77
Gráfico 5 – Curva granulométrica das amostras de serra mármore.....	77
Gráfico 6 – Curva granulométrica das amostras de talhadeira	78
Gráfico 7 – <i>Boxplot</i> da variável dependente vs parede	83
Gráfico 8 – Histograma de frequências para o índice de geração.....	95

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Instrumentos legais e normativos de abrangência nacional	26
Quadro 2 – Dados coletados na obra 1.....	56
Quadro 3 – Dados coletados na obra 2.....	56
Quadro 4 – Dados coletados na obra 3.....	56
Quadro 5 – Dados coletados na obra 4.....	57
Quadro 6 – Dados coletados na obra 5.....	57
Quadro 7 – Dados coletados na obra 6.....	57
Quadro 8 – Tempos de execução dos rasgos.....	65
Quadro 9 – Índices de geração de resíduos para a fresa	68
Quadro 10 – Índices de geração de resíduos para a serra mármore	69
Quadro 11 – Índices de geração de resíduos para a talhadeira.....	69
Quadro 12 – Comparativo das médias do índice de geração da fresa por parede ...	71
Quadro 13 – Comparativo das médias do índice de geração da serra mármore por parede.....	72
Quadro 14 – Comparativo das médias do índice de geração da talhadeira por parede	72
Quadro 15 – Médias do índice de geração por parede	73
Quadro 16 – Massa unitária das amostras de laboratório.....	74
Quadro 17 – Valores adotados no estudo de caso	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Taxas de produção de RCC em diferentes regiões.....	30
Tabela 2 – Características levantadas nas obras.....	55
Tabela 3 – Resumo dos resultados analisados no estudo piloto.....	58
Tabela 4 – Massa unitária dos resíduos coletados nas obras.....	59
Tabela 5 – Médias das massas unitárias	60
Tabela 6 – Eficiência das ferramentas	62
Tabela 7 – Dimensões dos blocos de 9x14x19 cm	63
Tabela 8 – Dimensões dos blocos de 9x19x29 cm	64
Tabela 9 – Dimensões dos blocos de 11,5x14x24 cm	64
Tabela 10 – Dimensões dos blocos de 14x19x29 cm	64
Tabela 11 – Soma dos comprimentos e larguras dos rasgos	70
Tabela 12 – Médias das massas unitárias por ferramenta	75
Tabela 13 – Dimensão máxima característica e módulo de finura dos resíduos.....	76
Tabela 14 – Teste de normalidade do índice de geração vs bloco (piloto)	82
Tabela 15 – Teste de normalidade do índice de geração vs ferramenta (piloto).....	82
Tabela 16 – Teste de normalidade do índice de geração vs bloco (laboratório)	82
Tabela 17– Teste de normalidade do índice de geração vs ferramenta (laboratório)	83
Tabela 18 – Análise descritiva entre o índice de geração e o tipo de ferramenta (piloto)	85
Tabela 19 – Análise ANOVA entre o índice de geração e o tipo de ferramenta (piloto)	85
Tabela 20 – Análise descritiva entre o índice de geração e o tipo de ferramenta (laboratório).....	85
Tabela 21 – Análise ANOVA entre o índice de geração e o tipo de ferramenta (laboratório).....	86
Tabela 22 – Análise descritiva entre o índice de geração e o tipo de bloco (piloto) ..	86
Tabela 23 – Análise ANOVA entre o índice de geração e o tipo de bloco (piloto).....	86
Tabela 24 – Análise descritiva entre o índice de geração e o tipo de bloco (laboratório).....	87
Tabela 25 – Análise ANOVA entre o índice de geração e o tipo de bloco (laboratório)	87
Tabela 26 – Pós-teste de <i>Bonferroni</i>	88
Tabela 27 – Correlação entre os dados de massa unitária	89
Tabela 28 – Massa unitária de agregados reciclados de RCC	90

Tabela 29 – Teste de normalidade do índice de geração vs bloco (piloto + laboratório).....	91
Tabela 30 – Teste de normalidade do índice de geração vs ferramenta (piloto + laboratório).....	91
Tabela 31 – Análise ANOVA entre o índice de geração e o tipo de ferramenta (piloto + laboratório).....	91
Tabela 32 – Análise ANOVA entre o índice de geração e o tipo de bloco (piloto + laboratório).....	92
Tabela 33 – Pós-teste de <i>Bonferroni</i> (piloto + laboratório).....	92
Tabela 34 – Valores de p-valor para a regressão linear.....	94
Tabela 35 – Tabela dos valores descritivos para cálculo das médias.....	96
Tabela 36 – Cálculo da área das caixas de luz.....	99
Tabela 37 – Cálculo da área dos eletrodutos.....	99
Tabela 38 – Cálculo da quantidade de resíduo gerado.....	99
Tabela 39 – Cálculo do volume total de resíduo gerado.....	100
Tabela 40 – Cálculo do tempo para execução dos rasgos.....	100
Tabela 41 – Preço da mão de obra por metro de rasgo.....	101

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRECON	Associação Brasileira para Reciclagem de RCD
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CDW	<i>Construction and Demolition Waste</i>
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MSW	<i>Municipal Solid Waste</i>
PGRCC	Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
RC	Resíduo da Construção
RCC	Resíduo da Construção Civil
RCD	Resíduo de Construção e Demolição
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
TCPO	Tabela de Composição de Preços para Orçamentos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVO GERAL.....	18
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.3	JUSTIFICATIVA.....	19
2	REVISÃO DA LITERATURA	21
2.1	RESÍDUOS SÓLIDOS	21
2.2	RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	22
2.2.1	Classificação dos resíduos da construção civil.....	23
2.2.2	Aspectos legais e normativos	25
2.3	GERAÇÃO DE RCC.....	27
2.4	QUANTIFICAÇÃO DE RCC	28
2.5	GERENCIAMENTO DE RCC	31
2.6	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EMBUTIDAS EM PAREDES DE BLOCOS CERÂMICOS.....	33
2.7	FERRAMENTAS UTILIZADAS PARA O CORTE	35
3	MATERIAIS E MÉTODOS	38
3.1	DELINEAMENTO DA PESQUISA	38
3.2	ETAPAS DE PESQUISA	40
3.2.1	Seleção de obras.....	40
3.2.2	Levantamento de dados no estudo piloto	41
3.2.3	Levantamento de dados em laboratório	47
3.2.4	Tratamento dos dados.....	51
3.2.5	Comparativo de volume de resíduos e valores gastos por metro de rasgo a partir da ferramenta escolhida	53
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	54
4.1	APRESENTAÇÃO DOS DADOS E RESULTADOS DO ESTUDO PILOTO	54

4.1.1	Dados coletados <i>in loco</i>	54
4.1.2	Largura dos rasgos.....	58
4.1.3	Massa unitária e tamanho dos grãos.....	59
4.1.4	Observação da eficiência das ferramentas.....	61
4.1.5	Percepção de geração pelo gerador.....	62
4.2	APRESENTAÇÃO DOS DADOS E RESULTADOS COLETADOS EM LABORATÓRIO.....	63
4.2.1	Dimensões dos blocos cerâmicos	63
4.2.2	Dados extraídos a partir da construção da parede.....	65
4.2.3	Massa unitária	74
4.2.4	Granulometria.....	76
4.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	81
4.3.1	Verificação de normalidade	81
4.3.2	Análise paramétrica dos grupos de dados.....	84
4.3.3	Correlação entre os dados do estudo piloto e laboratório	89
4.4	ÍNDICE DE GERAÇÃO CALCULADO.....	95
4.5	APLICAÇÃO DOS RESULTADOS EM UM ESTUDO DE CASO	96
5	CONCLUSÕES	102
6	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....	105
	REFERÊNCIAS.....	106
	APÊNDICE A – COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DAS AMOSTRAS	119

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção tem sido cada vez mais pressionada a melhorar a gestão dos resíduos de construção devido aos impactos ambientais associados, incluindo-se o esgotamento dos recursos naturais, a poluição do ar, a poluição das águas superficiais e subterrâneas, os riscos para a saúde pública e a considerável perda de área para aterros sanitários (WCED, 1987; POON et al., 2003; DIXIT, 2010).

Devido ao crescimento ocorrido durante as últimas décadas, houve um aumento na geração de resíduos de construção e de demolição provocando uma carga considerável ao meio ambiente (NAGAPAN et al., 2012). A partir disso, muitos autores realizaram estudos nos últimos anos sobre minimização, gerenciamento e quantificação desses resíduos como Cochran e Townsend (2010), Hobbs, Adams e Blackwell (2011), Hewage e Porwal (2011), Lachimpadi et al. (2012), Malia et al. (2013), Wu et al. (2014), Meibodi, Kew e Haroglu (2014), Hamidi et al. (2014), Bakshan et al. (2015), Won, Cheng e Lee (2016), Won e Cheng (2017).

O resíduo de construção (RC), foco deste estudo, é um subconjunto dos resíduos de construção e demolição (RCD), também chamados de resíduos de construção civil (RCC), segundo a resolução CONAMA nº307 (BRASIL, 2002) e são compostos por resíduos gerados durante as construções. Segundo Begum et al. (2009), os RC constituem mais de 10% dos resíduos gerados em todo o mundo e de acordo com Llatas (2011), a maioria desses resíduos de construção permanece indevidamente descartada em áreas irregulares, particularmente nos países em desenvolvimento.

As políticas públicas elaboradas no Brasil, referentes aos resíduos de construção e de demolição, estabelecem que os municípios devem ter o Plano Municipal de Resíduos da Construção Civil. Um dos itens que devem constar neste plano é a obrigatoriedade do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) para todas as empresas de construção civil e para os grandes geradores. O PGRCC é parte integrante do processo de licenciamento ambiental e a implantação efetiva é requisito necessário para a emissão da licença de operação do projeto ou atividade e nele deve constar a caracterização e quantificação dos resíduos de construção civil a serem gerados na obra. A quantificação de resíduos além de

auxiliar os geradores a elaborarem o PGRCC, auxiliam no gerenciamento e organização da obra.

Estas políticas públicas tiveram como destaque a Resolução CONAMA nº 307/02 (BRASIL, 2002) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305/10 (BRASIL, 2010) as quais preveem que os resíduos de construção e demolição devem ser gerenciados segundo a classificação e receber a destinação correta. Neste contexto, o resíduo classe A, o qual será explicado futuramente neste trabalho, deve ter como destino a reciclagem ou um aterro de resíduo de construção civil.

Partindo-se do princípio que o gerenciamento de resíduos pode ser uma ferramenta que auxiliará na redução dos RCC's, esta pesquisa tem o intuito de analisar a geração de um resíduo específico e sugerir mudanças que diminuam esta geração e incentivem a adoção de técnicas e ferramentas específicas para que isso ocorra.

Atualmente a tecnologia que está se mostrando promissora na gestão de projetos e está evoluindo na área de gestão de resíduos é o *Building Information Modeling* (BIM). Esta plataforma permite melhor análise e controle dos projetos, oferecendo suporte aos processos e fases durante todo o ciclo de vida da construção, inclusive acrescentando ferramentas para o controle da geração de resíduos na obra (LU et al., 2017). Com os índices de geração corretos, essas ferramentas de controle podem extrair dados de geração de resíduos do projeto.

Este trabalho se propõe a encontrar um índice de geração de resíduo para a execução de instalações elétricas em paredes de alvenaria de duas formas diferentes, o primeiro a partir de um estudo piloto, com coletas em obras de construção e o segundo índice a partir de um estudo feito em laboratório em parede de alvenaria de bloco cerâmico construída em condições ideais. Nos dois casos, pretende-se levar em consideração apenas a área da abertura do rasgo e não a profundidade, para a simplificação do processo de quantificação.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do estudo é analisar a geração de resíduos na execução de instalações elétricas embutidas em paredes de blocos cerâmicos em obras de construção e propor um índice de geração, especificamente na fase de corte/quebra da alvenaria para a instalação dos eletrodutos/mangueiras e caixas de luz (caixas de derivação, caixas de passagem, quadro de distribuição, caixas de ligação e caixas estampadas).

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O trabalho tem como objetivos específicos:

- i. Propor um índice de geração, especificamente na fase de corte/quebra da alvenaria para a instalação dos eletrodutos/mangueiras e caixas de luz (caixas de derivação, caixas de passagem, quadro de distribuição, caixas de ligação e caixas estampadas), na unidade de peso por área de rasgo (kg/m^2);
- ii. Verificar quais características influenciam na geração de resíduos ou no índice de geração de resíduos;
- iii. Reproduzir em laboratório a situação ideal de corte de alvenaria em bloco cerâmico para instalação de eletrodutos e relacionar os dados obtidos em laboratório com os dados levantados nas obras;
- iv. Levantar diferenças na execução dos rasgos entre 3 diferentes ferramentas;
- v. Aplicar em um estudo de caso o índice de geração, massa unitária do material e tempo de execução do rasgo de cada ferramenta.

1.3 JUSTIFICATIVA

A quantidade de resíduos gerados nas atividades do ramo da construção civil não é precisamente conhecida, contudo segundo alguns estudos (JAILLON, POON e CHIANG, 2009; NAGAPAN et al., 2012; BEGUN et al., 2009; LLATAS, 2011) sabe-se que neste setor a taxa de geração de resíduos é muito elevada e contribui para torná-lo o setor de maior geração de resíduos sólidos urbanos do país (ABRELPE, 2017).

Os resíduos da construção civil também representam um grande problema ambiental, especialmente pela disposição inadequada em córregos, terrenos baldios e beira de estradas. Nas cidades de médio e grande portes no Brasil, estes constituem mais de 50% da massa dos resíduos urbanos. Estudos realizados em alguns municípios apontam que os resíduos da construção formal têm uma participação entre 15% e 30% na massa dos RCC, em que 75% provêm de eventos informais, obras de construção, reformas e demolições, realizadas, em geral, pelos próprios usuários dos imóveis (PINTO et al., 2005).

Ademais, a falta de dados precisos quanto às quantidades, custos, impacto ambiental, dentre outros, é um grande obstáculo para o correto planejamento de descarte de resíduos (ABDELHAMID, 2014).

Estimar as taxas de geração de resíduos de construção fornece uma visão do desempenho da gestão de RCD em diferentes estágios do projeto e a atenção que deverá ser dada para cada tipo de resíduo e, por sua vez, essas taxas podem ser usadas para saber a composição e o montante de resíduos de cidades, estados e países (COCHRAN et al., 2007).

Com a obtenção de taxas de geração pode-se mensurar a eficácia dos serviços e as políticas de gestão dos RCD dentro de uma obra, e assim estabelecer metas e práticas eficazes para a redução/reciclagem dos resíduos (LI et al., 2013) antes mesmo desses resíduos serem gerados. Como as estatísticas da construção mudam de tempos em tempos, os índices de geração estudados devem sempre ser atualizados, para que se tenha uma predição cada vez mais precisa.

Estudos pelo mundo mostram que resíduos de alvenaria são uns dos RCC's mais gerados, com taxas que podem chegar de 3,4 kg/m² a 58,6 kg/m² (SEO e

HWANG, 1999; LI et al., 2013; MALIA et al., 2013; BAKSHAN et al., 2015) e que alcança, junto com o concreto, 60% do total de resíduos das construções (BAKSHAN et al., 2015).

Parte do resíduo de alvenaria gerado nas obras é proveniente da atividade de quebra de paredes para instalações elétricas. Essa técnica construtiva ainda é uma das mais usadas no setor da construção no Brasil, em que se ergue a parede de blocos para depois quebrar as partes em que os eletrodutos e tomadas serão instalados, gerando quantidades expressivas de resíduo classe A.

Existem técnicas, equipamentos e maneiras diferentes dos rasgos serem feitos, alguns economizam tempo, outros geram mais resíduos. Realizar um estudo desse resíduo para uma atividade específica poderá auxiliar os construtores a investirem em técnicas e equipamentos mais qualificados para essa determinada atividade, que economize tempo e diminua a geração de resíduos podendo ainda contribuir na quantificação dos RCC de forma mais precisa ainda na fase de projeto.

2 REVISÃO DA LITERATURA

O rápido crescimento mundial nas últimas décadas resultou em aumento na geração de resíduos da construção e demolição provocando, assim, considerável carga sobre o ambiente (AMORES et al., 2013), tornando o assunto atual e de extrema importância. Neste capítulo de revisão da literatura, serão abordados temas relevantes para o entendimento deste trabalho.

2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

No Brasil, uma das classificações utilizadas para os resíduos sólidos provém da Norma Técnica Brasileira, NBR 10.004/04 (ABNT, 2004a). Segundo essa norma, o gerador deve identificar as alternativas de segregação, disposição final ou reciclagem. A norma classifica os resíduos sólidos em três classes: Resíduos classe I – perigosos; resíduos classe II A – não inertes e resíduos classe II B – inertes (Figura 1) (ABNT, 2004a) em consonância com a Lei 12.305/10 (BRASIL, 2010b), que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, e classifica os resíduos sólidos também quanto à periculosidade e quanto a origem (BRASIL, 2010b).

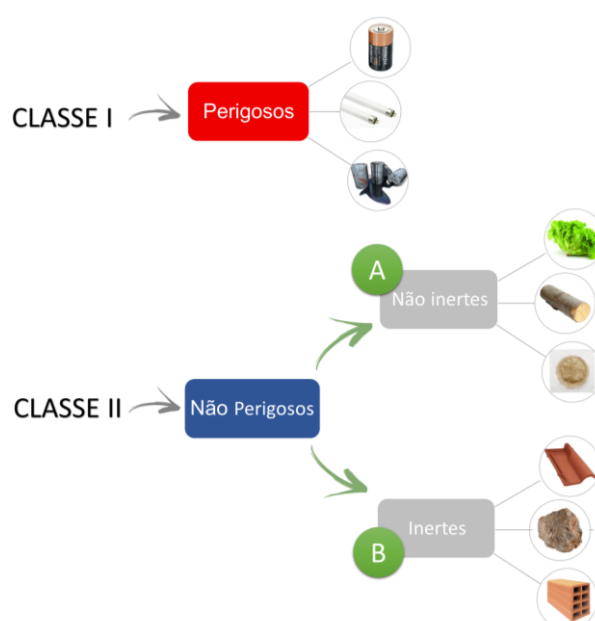


Figura 1 – Classificação dos Resíduos Sólidos segundo NBR 10.004/04

Os resíduos sólidos classificados na Classe II-B pela NBR 10.004/04 (ABNT, 2004), assemelham-se aos resíduos de construção civil Classe A, classificados pela resolução Conama 307/02 (BRASIL, 2002), os quais serão estudados neste trabalho.

A definição de resíduos sólidos que se encontra no Plano Nacional de Resíduos Sólidos é;

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face de melhor tecnologia disponível (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012 p.9).

No Brasil, o manejo dos resíduos sólidos urbanos é um constante desafio visto que ainda não alcançou a universalização dos serviços propostos pelas normativas que discorrem sobre gestão integrada e sobre o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos expostos nas Leis do Saneamento Básico (BRASIL, 2010a) e na Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010b). Essas normativas tem o intuito de minimizar os impactos trazidos ao ambiente pelo descarte irregular com o uso do manejo apropriado aos resíduos, estimulando a coleta seletiva e a reciclagem, com o objetivo de reduzir a quantidade de rejeitos encaminhados para disposição final, sem necessidade.

Percebe-se que o diagnóstico do manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos torna-se importante para o planejamento de políticas ambientais com intuito de minimizar o descarte ou encaminhamento dos resíduos para locais inadequados. Os resíduos de construção e demolição são uma grande parcela dos RSU coletados pelos municípios no Brasil, em 2016 aproximadamente 63% do total de resíduos sólidos urbanos coletados era RCD, totalizando 123.619 toneladas por dia (ABRELPE, 2017).

2.2 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Definidos pela Resolução CONAMA nº 307/02, os resíduos da construção civil (RCC), são comumente denominados pela bibliografia como resíduos de construção

e demolição (RCD) e são constituídos dos resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil. 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., são comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (BRASIL, 2002).

Esta mesma resolução estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais. Atribuem-se definições específicas para alguns resíduos da construção civil, geradores, agregados, reciclagem, aterro, entre outros itens afins, assim como classificam-se os resíduos da construção civil por classes e dispõe sobre o destino de cada uma (BRASIL, 2002).

A indústria da construção civil é a maior geradora de resíduos sólidos urbanos do mundo (DENG et al., 2008). As atividades de construção consomem 32% dos recursos mundiais, incluindo 12% de água e até 40% de energia. Aproximadamente, 40% de todas as matérias-primas extraídas da terra e 25% de madeira virgem são usadas para construção (GBCA, 2009)

Boa parte dos processos construtivos no Brasil são essencialmente manuais e a execução se dá praticamente nos canteiros de obras. Os RCC além de serem potencialmente degradadores do meio ambiente também causam problemas de logística e prejuízos financeiros (NAGALLI, 2014).

Para Achillas et al. (2011), o volume de RCD causa grande preocupação por ser, atualmente, o maior dentre todos os resíduos gerados em áreas urbanas. Para reduzir esses impactos negativos é necessária uma compreensão sobre a geração dos RCC e também sobre sua gestão (YUAN et al., 2011).

2.2.1 Classificação dos resíduos da construção civil

Os resíduos de construção civil, não permitem um padrão de estudo mundial sobre a composição, devido a heterogeneidade dos materiais que compõe a classe.

Portanto, não é possível generalizar os RCC's como se fossem apenas um tipo de material, mas, sim, classificá-los e destiná-los corretamente. O RCC possui características bastante peculiares por ser produzido num setor onde há uma gama muito grande de diferentes técnicas e metodologias de produção. Características como quantidade produzida e composição dependem diretamente do estágio de desenvolvimento da indústria local de construção, como qualidade da mão de obra, técnicas construtivas utilizadas e adoção de programas de qualidade (KARPINSK et al., 2009).

A classificação destes resíduos é determinada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) por meio da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, a qual foi modificada pelas Resoluções nº 348, de 2004, nº 431, de 2011, nº 448 de 2012 e nº 469 de 2015 (BRASIL, 2004, 2011, 2012, 2015), e teve por exemplo o gesso alterado da classe C para a classe B. O resumo das mudanças pode ser visto na Figura 2.

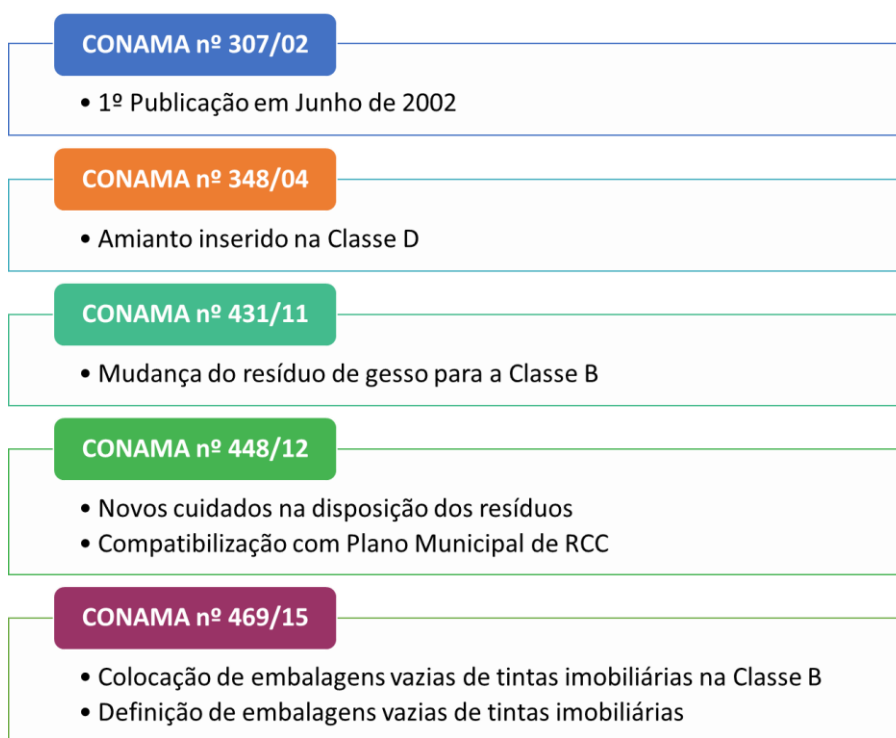


Figura 2 – Evolução da Resolução CONAMA nº 307/02

A classificação é dividida em 4 classes que podem ser vistas na Figura 3.

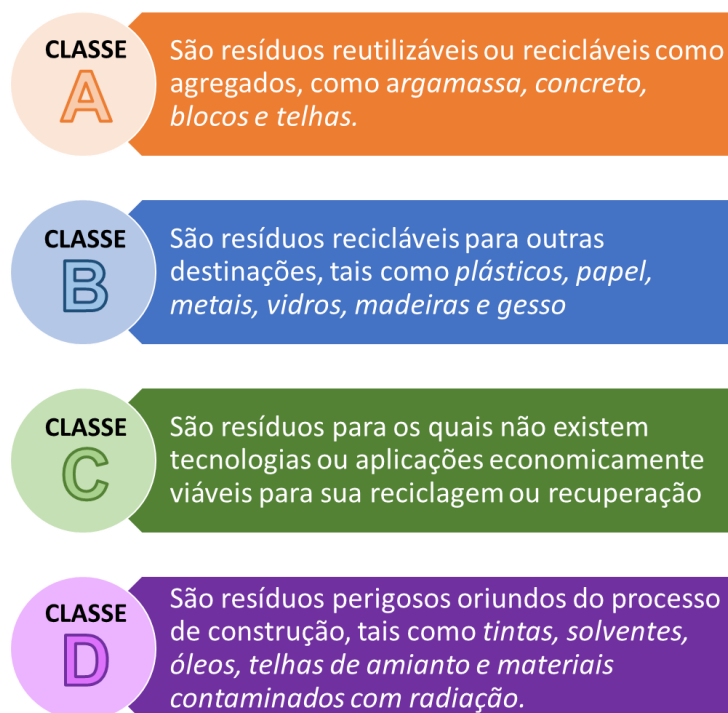


Figura 3 – Classificação dos RCC segundo a resolução CONAMA nº 307

Os resíduos Classe A, objeto de pesquisa deste estudo, são a maior fração de resíduos gerada na construção civil (CÓRDOBA, 2010) e são compostos pelos resíduos reutilizáveis ou recicláveis na forma de agregado como o concreto, blocos e argamassas.

2.2.2 Aspectos legais e normativos

No Brasil, foram elaboradas políticas públicas referentes aos resíduos de construção e de demolição, tendo como destaque a Resolução CONAMA nº 307/02 (BRASIL, 2002) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305/10 (BRASIL, 2010b) as quais preveem que os resíduos de construção e de demolição devem ser gerenciados segundo a classificação e receber a destinação correta. Neste contexto, o resíduo Classe A, o qual será abordado neste trabalho, deve ter como destino o aterro de resíduo de construção e demolição.

Os RCC estão sujeitos à legislação federal referente aos resíduos sólidos, à legislação específica de âmbito estadual e municipal, bem como às normas técnicas brasileiras.

As normas técnicas regulamentadoras, que discorrem sobre o manejo e o gerenciamento destes resíduos estão listadas abaixo.

- NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação (ABNT, 2004a).
- NBR 15112: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação (ABNT, 2004b).
- NBR 15113: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação (ABNT, 2004c).
- NBR 15114: Resíduos sólidos da construção civil: Área de Reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação (ABNT, 2004d).
- NBR 15115: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos (ABNT, 2004e).
- NBR 15116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil (ABNT, 2004f).

Os instrumentos legais mais importantes, na esfera nacional, que se relacionam à gestão e ao gerenciamento de resíduos estão dispostos no Quadro 1, sendo a resolução CONAMA nº 307/02 o principal marco regulatório para a gestão dos resíduos de construção e demolição.

Quadro 1 – Instrumentos legais e normativos de abrangência nacional

Documento	Descrição
Resolução CONAMA nº 307/2002	Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos RCC. Modificada pelas resoluções 348, de 2004, nº 431, de 2011 e nº 448/2012 e 469/2015
Lei Federal nº 12.305/2010	Institui a PNRS, altera a Lei no 9.605 de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.
Decreto nº 7.404/2010	Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a PNRS, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos sistemas de logística reversa e dá outras providências.

2.3 GERAÇÃO DE RCC

Segundo Lima e Lima (2009), é importante que a concepção do projeto arquitetônico já tome decisões que levem a não geração de resíduos, como a escolha correta do material a ser usado e o sistema construtivo a ser adotado. Outra atitude que reduz a geração final de resíduo e deve ser levada em conta em fase inicial é o aperfeiçoamento do detalhe do projeto, pois reduzirá as perdas por detalhamentos inexatos, da mesma forma que a compra desses materiais, quando feita de forma dispendiosa.

O desperdício de materiais, principal causa da geração de resíduos, ocorre a partir da seleção de fornecedores e continua na etapa de projeto. Tem-se soluções inadequadas, na fase de aquisição dos materiais quando do transporte, recebimento e armazenamento no canteiro-de-obras, na fase de execução da obra com aumento do consumo de materiais para correção das imperfeições, falha de projeto ou falha do executor do serviço, até a fase de pós-ocupação na qual ocorre desperdício de materiais em função de reparos (FRAGA, 2006).

As atividades de construção não só consomem uma grande quantidade de recursos naturais, materiais e energia (RAO et al., 2014; PEDDAVENKATESU e NAIK, 2016; KULATUNGA et al., 2006), mas também geram níveis inaceitáveis de resíduos (YUAN et al., 2010; LU e YUAN, 2011).

Há inúmeros tipos de perdas na construção civil como por exemplo a perda de energia, tempo, força de trabalho e de material, no entanto, o alto índice de desperdício de material é o principal fator que diz respeito ao aumento do custo (AHANKOOB et al., 2012). Além do valor perdido com o desperdício de materiais que poderiam não ter sido comprados, o gerador necessita destinar da forma correta o RCD, o que acarreta mais custos. No Brasil, cerca de 48% das usinas ou aterros cobram valores de até R\$ 15,00/m³ para receberem resíduos de construção e demolição (ABRECON, 2015), além do custo com armazenamento em caçambas desses materiais, que pode chegar a R\$ 250,00 para 5 m³.

No Brasil, os municípios coletaram cerca de 45 milhões de toneladas de RCD no ano de 2016, cerca de 0,6 kg/hab.dia e, via de regra, esse número é referente a

apenas os resíduos lançados ou abandonados nos logradouros públicos (ABRELPE, 2017).

Quanto à composição dos resíduos gerados, alguns estudos comprovam que a maior fração dos RCD são da Classe A, esta que pode ser 100% reciclada. Os autores Oliveira et al. (2011) realizaram diagnóstico anual para a cidade de Fortaleza e verificaram que a argamassa é o principal constituinte do RCC, correspondendo, em média, a 38% da massa.

Em seguida estão os resíduos de concreto, cerâmica vermelha e gesso, que correspondem a 14 %, 13 % e 3 % do volume gerado, respectivamente. Em um estudo em uma cidade de São Paulo os autores Ângulo et al. (2011) estimaram uma geração per capita da ordem de 367 kg/hab.ano, sendo que, do total gerado, 91% correspondem à Classe A. Para a cidade de Medianeira no Paraná, Szpak et al. (2015) constataram que 90,18% do RCC é composto por Classe A. Em Pelotas no Rio Grande do Sul no estudo de Tessaro et al. (2012), a composição gravimétrica mostrou que 88% dos RCC são da Classe A. Estes resultados vêm de encontro aos resultados adquiridos por estudos mais antigos como de Zordan (1997), Latterza (1998), Ângulo (2001), Leite (2001), Carneiro et al., (2000) e Xavier et al. (2002).

2.4 QUANTIFICAÇÃO DE RCC

A quantificação precisa sempre foi um desafio e tema relevante a ser investigado. Segundo Jalali (2007), a estimativa precisa da quantidade, do tipo e do tempo de geração de RCD é fundamental para o planejamento e gerenciamento de resíduos e aplicação dos 3R's da sustentabilidade (Reduzir, reutilizar e reciclar).

A quantificação dos diferentes resíduos provenientes de atividades da construção civil é uma ferramenta significativa para promover o gerenciamento de resíduos de forma eficaz. Sendo usada para prever a quantidade aproximada de resíduo que um projeto gerará, antes de ser executado, a quantificação se torna ainda mais importante e se alia ainda mais ao gerenciamento de RCC (LU et al., 2011; WU et al., 2014).

De acordo com os autores Hobbs, Adams e Blackwell (2011) e Lage et al. (2010), o primeiro passo em qualquer esforço de minimização de resíduos é a capacidade de prever os montantes de resíduos a serem gerados.

A quantificação, a medição e a previsão dos resíduos são uma área de gestão de resíduos que tem recebido a atenção dos pesquisadores ao longo dos anos (ADJEI, 2016) e esses itens tornam-se ferramentas cruciais para a tomada de decisões no âmbito ambiental e econômico e tais decisões se tornam progressivamente baseadas em dados quantitativos bem fundamentados para cada atividade em uma construção (JALALI, 2007).

Uma previsão eficiente do volume de resíduos não só permite o controle dos resíduos gerados, mas também uma boa gestão dos canteiros de obra (SOLÍS-GUZMÁN et al., 2009).

Diversos autores em diferentes países buscam implementar metodologias mais precisas para se quantificar e usar tais informações nas estratégias de gerenciamento dos RCD (HSIAO et al., 2002; WANG et al., 2004; COCHRAN et al., 2007; COCHRAN e TOWNSEND, 2010; LAGE et al., 2010; LLATAS, 2011; NAGALLI, 2012).

Muitos métodos têm sido usados por pesquisadores para mensurar ou prever os níveis de geração de resíduos, alguns exemplos são por comparação a partir de registros de empreiteiros (SKOYLES, 1976), por separação e pesagem dos resíduos no canteiro de obras (BOSSINK e BROUWERS, 1996), registros de cargas de caminhões transportadores de resíduos (POON et al., 2001), observação direta (FORMOSO et al., 2002), análise de fluxo de material (COCHRAN e TOWNSEND, 2010; LI et al., 2013) e pelo método do peso/volume do resíduo em relação a área construída (YOST e HALSTEAD, 1996; HSIAO et al., 2002; FATTA et al. 2003; SHI e XU, 2006; JALALI, 2007; USEPA, 2009; BAKSHAN et al., 2015).

Os métodos adicionais que dependem de fontes externas de dados, tais como bancos de dados regionais, guias de construção, pesquisas industriais ou percepções por observação direta, podem não ser aplicáveis em outras regiões com diferentes características tipológicas e técnicas de construção. Além disso, a maioria destes métodos quantifica os resíduos de construção nos países desenvolvidos e muitas vezes não são aplicáveis no contexto das economias menos desenvolvidas (BAKSHAN et al., 2015).

Diversos autores relatam algumas taxas de geração de vários tipos de resíduos de construção; pode-se concluir que essas taxas tendem a variar amplamente dependendo do tipo de obra (residencial *versus* não residencial) e localização do projeto. Na Tabela 1 estão taxas de produção dos resíduos em quilo por metro quadrado de construção de diferentes regiões do mundo. Verifica-se grande variabilidade nos intervalos de geração apresentados.

Tabela 1 – Taxas de produção de RCC em diferentes regiões

Referência	Localização	Taxa de produção de resíduos por material (kg/m ²)					
		Concreto	Alvenaria	Aço	Madeira	Gesso	Azulejo
Seo e Hwang (1999)	Coreia	15,87	4,53	5,17	3,84	0,35	0,33
Maña et al. (2000)	Espanha	3,29–4,47	–	3,38–3,93	0,99–2,52	–	–
Bergsdal et al. (2007)	Noruega	6,5–19,11	–	0,11–0,79	2,75–5,68	–	–
Cochran et al. (2007)	EUA	22,9–33,00	–	0,90–1,40	3,30–6,40	–	–
Alencar et al. (2011)	Brasil	–	–	–	–	1,55–6,00	–
Li et al. (2013)	Sul da China	17,7	3,4	4	7,6	3,4	0,5
Gonçalves (2013)	Brasil	5,2	10,7–13,8				
Bakshan et al. (2015)	Líbano	8,7	17,44	1,25	4,35	0,31	2
Malia et al. (2013)	Internacional	17,80–40,10	15,60–58,60	0,90–7,20	1,70–6,40	–	0,40–3,20
Total		3,29–40,10	3,40–58,60	0,11–7,20	0,99–7,60	0,35–6,00	0,33–3,20

A composição do RCD gerado varia conforme a localidade da obra, de acordo com as diversidades de tecnologia e de matéria-prima disponíveis. A madeira, por exemplo, é muito utilizada nas construções americanas e japonesas, contudo, nem tanto nas construções europeias e brasileiras. Já o drywall é muito utilizado em construções da Europa e dos Estados Unidos, enquanto esse processo construtivo está constantemente se expandindo no Brasil em que o uso da alvenaria de blocos cerâmicos continua sendo o mais expressivo (AZEVEDO et al., 2006).

2.5 GERENCIAMENTO DE RCC

O gerenciamento de resíduos é o sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos (BRASIL, 2002).

Para Nagalli (2014), o gerenciamento de resíduos da construção civil aborda as ações desenvolvidas por construtores e empreendedores com o objetivo de antever, controlar e gerir a manipulação dos resíduos das obras. Algumas das ações para o efetivo gerenciamento dos resíduos de uma obra, segundo o autor, estão dispostas na Figura 4.



Figura 4 – Ações para o efetivo gerenciamento dos resíduos de uma obra

Fonte: Adaptado de Nagalli (2014)

O gerenciamento dos resíduos de construção civil tem como objetivo a redução dos custos, a facilidade de disposição de pequenos volumes gerados e os descartes dos grandes volumes gerados, a preservação ambiental, a melhoria da limpeza urbana, o incentivo às parcerias e à redução da geração de resíduos nas atividades construtivas, bem como na preservação do sistema de aterros para a sustentação do desenvolvimento (SANTOS, 2008).

Segundo Peddavenkatesu e Naik (2016), o gerenciamento efetivo de resíduos é de crescente importância para o setor de construção. Adicionando o custo de

armazenamento e de transporte, juntamente com a perda de receita de não recuperar/usar os materiais, o viés financeiro para as empresas de construção tomarem medidas para minimizar o desperdício vem à tona.

Entre as complexidades e os desafios do gerenciamento dos resíduos sólidos gerados em canteiros de obras o autor Blumenschein (2007) cita:

- O volume do resíduo produzido (que justifica todo o esforço para a redução da geração);
- O número de participantes no processo construtivo;
- O número de agentes do setor produtivo, setor público e terceiro setor que compartilham a responsabilidade pelo gerenciamento dos resíduos sólidos (quando o setor público não cumpre com a sua responsabilidade enfraquece as ações e os esforços do setor produtivo e do terceiro setor);
- Os recursos escassos para financiamento de projetos de pesquisa de novos materiais produzidos pela reciclagem de resíduos;
- Os recursos escassos dos municípios para atacarem os problemas de gestão ambiental;
- O potencial de reciclagem (desperdiçado) dos resíduos sólidos oriundos do processo construtivo (em torno de 80% dos resíduos de uma caçamba são recicláveis);
- A necessidade e responsabilidade do setor público de instituir instrumentos que controlem e estimulem a gestão dos resíduos gerados em canteiros de obras;
- A responsabilidade e o compromisso do setor produtivo em atender às legislações referentes ao tema.

A redução de resíduos deve ser a principal prioridade em qualquer abordagem de gerenciamento de resíduos. A reutilização, a segunda abordagem, amplia a vida dos materiais existentes e diminui os novos recursos necessários. Reciclagem, a terceira abordagem novamente conserva os recursos e desvia os materiais dos aterros sanitários. As três práticas, chamadas de 3R's da sustentabilidade - redução,

reutilização e reciclagem - combinadas com a redução de materiais não recicláveis, permitem uma estratégia abrangente de gerenciamento de resíduos (JALALI, 2007; ABDELHAMID, 2014).

A minimização de resíduos, parte mais importante dos 3R's é definida como qualquer método que reduz o volume ou a toxicidade de um lixo que requer descarte. De forma prática é um método que reduz a quantidade de resíduos (DENG et al., 2008).

Uma das tecnologias que vem sendo aplicadas para a melhora na eficiência dos projetos e conseqüentemente na gestão dos RCC é o *Building Information Modeling* (BIM). O uso desta tecnologia na gestão de resíduos de construção e demolição já é tema de pesquisa de autores que apresentam a modelagem como uma solução para a quantificação destes resíduos, melhorando processos e incorporando aos planos de gestão informações que podem ser acessadas durante todo o ciclo de vida do empreendimento (DE CARVALHO e SCHEER, 2015).

Como proposta para auxiliar no gerenciamento de resíduos, este trabalho se propõe a encontrar um índice que possa ser usado na quantificação de resíduos nas atividades de construção civil, mensurando a geração de RCC antes mesmo da execução do serviço.

2.6 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EMBUTIDAS EM PAREDES DE BLOCOS CERÂMICOS

Segundo a NBR 15270 (ABNT, 2005) bloco cerâmico de vedação é o componente da alvenaria e vedação que possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm. As alvenarias de vedação se destinam à compartimentação de espaços e podem estar presentes nas fachadas ou nos ambientes internos dos edifícios. São apoiadas sobre vigas, lajes ou outros componentes estruturais e interligadas com pilares ou outras paredes (WISSENBACH e TAUIL, 1990).

As dimensões dos blocos cerâmicos de vedação seguem a NBR 15270 (ABNT, 2005) e as técnicas de execução de alvenaria sem função estrutural seguem a NBR 8545 (ABNT, 1984). Os blocos podem ser assentados em $\frac{1}{2}$ vez (em pé), com a menor

de suas dimensões sendo a profundidade, ou em 1 vez (deitados), com a menor das dimensões sendo a altura.

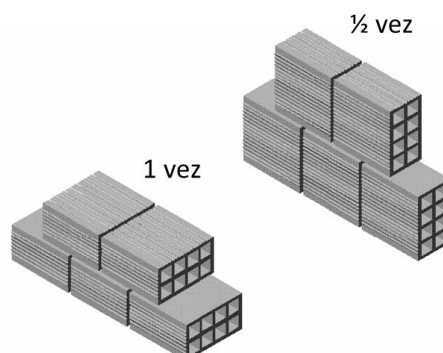


Figura 5 – Tipos de assentamento de blocos cerâmicos

A argamassa para assentamento é utilizada entre as juntas horizontais e verticais e é uma mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água.

As alvenarias comportam o embutimento de canos, eletrodutos e caixas das instalações elétricas e hidráulicas. Os eletrodutos são tubos cilíndricos e podem ser eletrodutos de PVC, ferro galvanizado, fibra de vidro, alumínio entre outros. As caixas das instalações elétricas podem ser caixas de derivação, caixas de piso e teto, caixas de distribuição e caixas de passagem (ABNT, 2008).

Nas instalações elétricas, com a necessidade de embutir as caixas de luz e eletrodutos para a passagem de fiações, cortes e sulcos necessitam ser feitos nas paredes (Figura 6), atividade esta que pode ser considerada simples de se executar e que gera resíduo de blocos com argamassa. Os rasgos podem ser feitos a partir de diversos tipos de ferramentas, alguns citados no item 2.7.

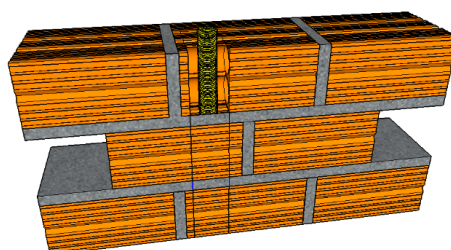


Figura 6 – Exemplo de um rasgo para embutimento de eletroduto

A tabela de composição de preços para orçamentos (TCPO, 2010), cita que os rasgos devem ser abertos nas alvenarias seguindo linhas previamente traçadas, com o auxílio de talhadeira e martelo, e que os rasgos devem ser proporcionais aos

diâmetros dos tubos, evitando-se assim sulcos muito largos para a instalação dos eletrodutos e caixas de luz.

O tamanho do eletroduto dependerá da quantidade e dos tamanhos dos fios que passarão por ele (ABNT, 2008). Em obras residenciais os eletrodutos corrugados mais utilizados são os de diâmetro externo de 20 mm, 25 mm e 32 mm. As caixas de luz a serem embutas na alvenaria tem dimensões de 4x2” equivalente a 5x10 cm ou 4x4” equivalente a 10x10 cm.

2.7 FERRAMENTAS UTILIZADAS PARA O CORTE

Os instrumentos utilizados para o corte da alvenaria estudados neste trabalho são:

- Fresa (Figura 7) – Também chamado de cortador de paredes, esse equipamento é projetado para abrir cortes retos e curvos em paredes de tijolos maciços ou com furos, blocos de cimento, paredes rebocadas ou com gesso. Possui um disco dentado e abre o rasgo na parede após uma passada da máquina sem necessidade de uso de outros equipamentos (Figura 8). A restrição da fresa é que os diâmetros dos rasgos são limitados aos tamanhos dos discos disponíveis no mercado, sendo mais encontrados os de 25 mm e de 35 mm (CORTAG, 2018a).
 - Faixa de preço= R\$1000,00 a R\$2800,00



Figura 7 – Cortadora de parede com fresa de 32mm



Figura 8 – Abertura feita pela fresa

Fonte: Cortag (2018b)

- Serra mármore (Figura 9) – A serra é utilizada para cortes retos e curvos em todos os tipos de pedra ornamentais, tijolo, telhas, pisos, cerâmica, blocos de concreto etc. Cada material a ser cortado requer um disco de corte com especificações apropriadas. No uso para cortes de parede é necessário fazer duas passadas de máquina para delimitar o rasgo e após esse procedimento utilizar algum outro equipamento auxiliar, na maioria das vezes a talhadeira e o martelo, para remover o material entre os dois cortes (Figura 10) (MAKITA, 2018).
 - Faixa de preço= R\$120,00 a R\$500,00



Figura 9 – Exemplo de serra mármore

Fonte: Ferramentas gerais (2018)



Figura 10 – Corte da serra mármore

Fonte: Cordeiro máquinas e ferramentas (2018)

- Talhadeira (Figura 11) – Ferramenta de corte feita de um corpo de aço, de secção circular, retangular, hexagonal ou octogonal, com um extremo achatado e afiado, e outro chanfrado denominado cabeça. Para os rasgos na parede ele pode ser utilizado após a delimitação de corte pela serra mármore ou sozinho, somente com auxílio de um martelo.
 - Faixa de preço= R\$10,00 a R\$50,00

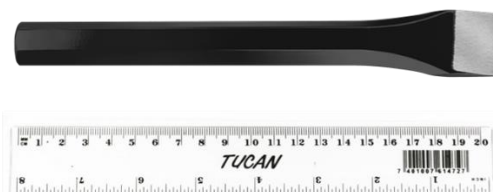


Figura 11 – Talhadeira próxima a uma régua de 20 cm

- Martelo – Ferramenta provida de uma cabeça de ferro ou outro material, presa a um cabo. Auxilia na utilização da talhadeira.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A pesquisa iniciou-se pela fase exploratória, que consiste em uma caracterização do problema, do objeto, dos pressupostos, das teorias e do percurso metodológico. Fase esta que não busca resolver de imediato o problema, mas caracterizá-lo a partir de uma visão geral, aproximativa do objeto pesquisado. Tal fase fez-se necessária por se tratar de “um tema pouco explorado, tornando-se difícil formular hipóteses precisas e operacionalizáveis” (GIL, 2008).

Em seguida, fez-se um estudo piloto, que é um teste, em menor escala, dos procedimentos, materiais e métodos propostos para determinada pesquisa (MACKEY e GASS, 2005), ou seja, é uma versão inicial do estudo completo, que envolve a realização dos procedimentos previstos na fase exploratória de modo a possibilitar alterações e melhoras na fase seguinte do estudo (BAILER et al. 2011), neste caso, a fase de levantamento de dados em laboratório.

Metodologicamente, este estudo consiste em uma pesquisa de campo, que é a pesquisa em que se observa e coleta os dados, tal como ocorrem espontaneamente, no próprio local em que se deu o fato em estudo, caracterizando-se pelo contato direto com o mesmo, sem interferência do pesquisador (LAKATOS; MARCONI, 1987).

Na pesquisa de campo (estudo piloto) também foi utilizada a técnica observacional, em que o investigador atua como expectador de fenômenos ou fatos, sem realizar qualquer intervenção que possa alterar o curso natural ou o desfecho da ação, embora possa, nesse meio tempo, realizar análises, medições e outros procedimentos para coleta de dados (GIL, 2008). A observação como um método de investigação que pode ser utilizada como uma etapa para complementar outros procedimentos investigativos.

A área de coleta de dados do estudo piloto foi no Núcleo Urbano Central da Região Metropolitana de Curitiba delimitado pela Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba (COMEC, 2010).

A pesquisa foi iniciada no ano de 2017, no mês de abril e a primeira fase consistiu de levantamento bibliográfico relacionado ao tema, visando maior entendimento sobre o problema e confirmando a relevância do estudo para área da sustentabilidade. Após a revisão inicial da bibliografia deu-se o estudo piloto em que 21 dados foram coletados em campo, junto a obras de edificações em execução; em seguida, construiu-se uma parede em laboratório para a coleta de dados em situações controladas. Com isso, prosseguiu-se para a análise estatística e para a implementação dos resultados em um estudo de caso.

Para atingir os objetivos do trabalho, após a revisão da literatura seguiram-se as etapas ilustradas no fluxograma apresentado na Figura 12.

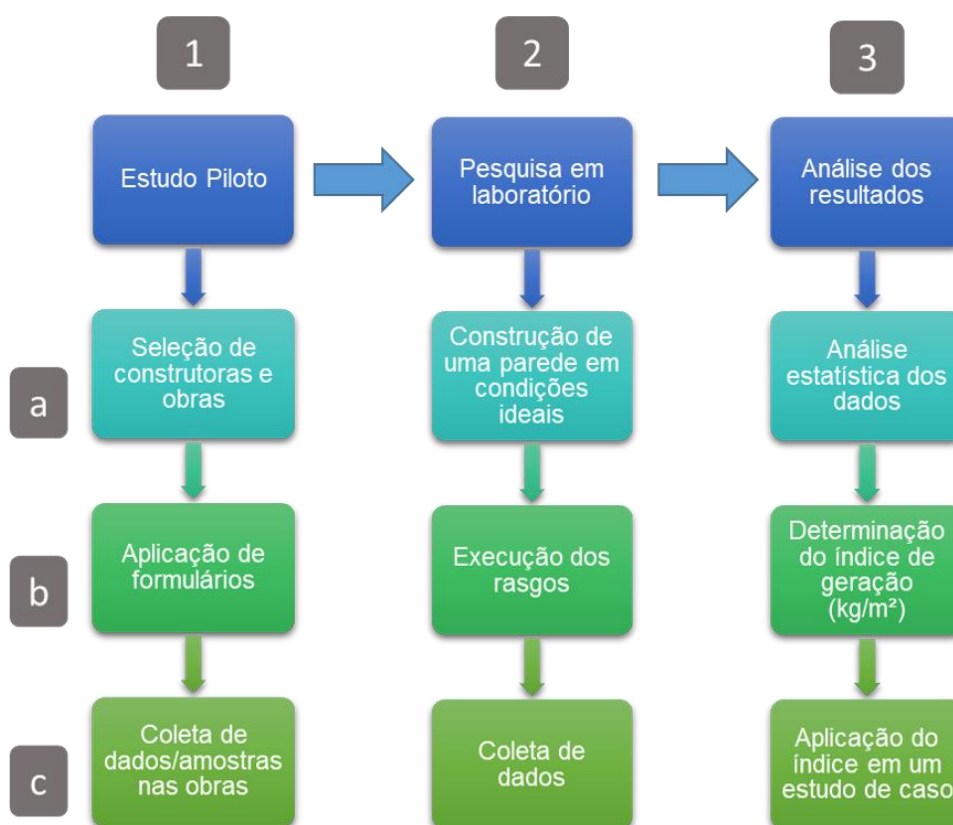


Figura 12 – Fluxograma com as etapas da pesquisa

Ressalta-se que o índice de geração de resíduos do rasgo em blocos cerâmicos na execução de instalações elétricas a ser encontrado neste trabalho será calculado em kg/m² (massa do resíduo do rasgo/área do rasgo), com isso o índice pode ser facilmente linearizado para diferentes medidas de largura. Se o rasgo na parede for de 3 ou 5 centímetros de largura, o mesmo índice em kg/m² poderá ser usado, basta

dividi-lo por 0,03 m ou 0,05 m, por exemplo, assim tem-se o índice linearizado em kg/m² de rasgo executado.

Para o embutimento dos itens das instalações elétricas (eletrodutos e caixas de luz), serão consideradas as profundidades de rasgo da parede externa até o final do primeiro furo (até o septo vertical) dos blocos cerâmicos (com os furos assentados na horizontal), como mostrado na Figura 13.

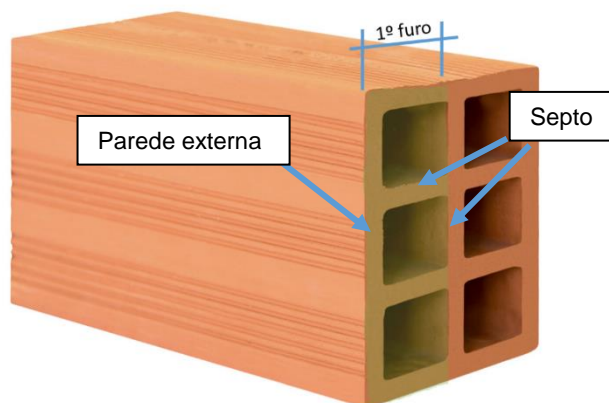


Figura 13 – Distância até o final do primeiro furo de um bloco cerâmico

Com isso, o índice de geração de resíduos, o tempo de execução do corte, a massa unitária do material e a granulometria estão condicionados a que o rasgo seja feito no máximo até o final do primeiro furo.

3.2 ETAPAS DE PESQUISA

Este capítulo descreverá as etapas seguidas para a realização desta pesquisa.

3.2.1 Seleção de obras

A seleção das obras para o estudo piloto foi norteadada por critérios pré-estabelecidos, a saber:

- Foram priorizadas as obras situadas na cidade de Curitiba;
- Obras de empresas com e sem certificados de qualidade;
- Obras de diferentes portes (pequeno, médio e grande);
- Obras com o mesmo processo construtivo em alvenaria de vedação em blocos cerâmicos;

Foram enviados e-mails para empresas, obras e construtoras, além de contatos por páginas de redes sociais e ligações solicitando a colaboração com a pesquisa. Obteve-se 20% da taxa de resposta sendo que apenas 12 obras diferentes se propuseram a auxiliar na pesquisa e, em 6 dessas obras, foram coletados dados para o estudo, totalizando 21 amostras de resíduos no estudo piloto.

3.2.2 Levantamento de dados no estudo piloto

Para todos os dados coletados foram criados formulários e foram utilizados instrumentos de medição para padronizar e facilitar a coleta. Após a aplicação do formulário, fez-se a coleta do resíduo para o estudo.

3.2.2.1 Formulários

Foram aplicados dois formulários, um para a Obra/empresa (Figura 14) e outro para o executor do serviço (Figura 15), com o intuito de coletar informações que pudessem ser relevantes na hora da comparação entre resultados de geração de resíduos, concluindo se algumas das características observadas no preenchimento dos formulários têm influência sobre os resultados.

FORMULÁRIO 1 - OBRA	
<i>Nº identificador da obra:</i>	<i>Data:</i>
<i>Nome da empresa:</i>	
<i>Endereço da obra:</i>	
<i>Descrição da obra:</i>	
<i>Andares:</i>	
<i>Processo construtivo:</i>	
<i>Finalidade:</i>	
<i>Observações:</i>	

Figura 14 – Formulário para a empresa e obra

FORMULÁRIO 2 - EXECUTOR DO SERVIÇO	
<i>Nº identificador da obra:</i>	
<i>Nome:</i>	
<i>Idade:</i>	
<i>Função:</i>	
<i>Tempo de serviço:</i>	
<i>Já fez algum treinamento ou capacitação?</i>	
<i>Se sim, quais?</i>	
<i>Contato:</i>	
<i>Observações:</i>	

Figura 15 – Formulário para o executor do serviço

Foi dada a opção aos que respondiam o formulário de não precisarem preencher as informações em que não se sentissem confortáveis em divulgar. Algumas das informações foram usadas apenas para distinção de casos, não sendo relevantes para as conclusões deste trabalho.

3.2.2.2 Procedimentos e ferramentas

Após o preenchimento dos formulários 1 e 2 passou-se para a coleta de dados *in loco*. As características levantadas na alvenaria a ser analisada são: o tamanho do bloco utilizado, a disposição da alvenaria (1/2 vez ou 1 vez), a situação de revestimento da parede (limpa, chapiscada), espessura média das juntas de assentamento, o equipamento utilizado para o corte e o diâmetro do eletroduto a ser instalado (Figura 16).

COLETA DE DADOS	
<i>Nº identificador da obra:</i>	
<i>Executor do serviço:</i>	
Dados gerais	
<i>Disposição da alvenaria:</i>	<i>Tamanho bloco:</i>
<i>Situação da parede:</i>	<i>Espessura média da junta:</i>
<i>Ferramenta utilizada :</i>	
<i>Diâmetro conduíte:</i>	

Figura 16 – Formulário para coleta de dados

Para o auxílio no levantamento de dados utilizaram-se diversas ferramentas e instrumentos de medição para padronização da coleta.

- Balde de 15 l
- Trena
- Balança portátil (Marca/modelo =WH/A07 e precisão de 5 g até 10 kg e de 10 g de 10 kg a 50 kg)

Com o auxílio da vassoura, colher de pedreiro e pá coleta-se a amostra do corte da parede. O balde de 15 l é utilizado para realizar a pesagem da amostra de cada caso (Figura 17) e também para o cálculo da massa unitária do material em que se enche até o topo o balde, pesa-se (Figura 18), desconta-se a massa do balde e tem-se a massa unitária para 15 l.



Figura 17 – Coleta e pesagem do resíduo



Figura 18 – Balde de 15l cheio para cálculo da massa unitária do material

O comprimento do corte e demais medidas do rasgo da parede – das caixas de luz por exemplo – são verificados com a trena e, à medida em que os dados são extraídos, a planilha mostrada na Figura 19 é manualmente preenchida. Concomitantemente a essa atividade, foi observada a eficiência aparente das

ferramentas utilizadas, levando-se em conta as características para executar o serviço, como o tempo, esforço e facilidade de manuseio da ferramenta.

<u>Caso 01</u>				
Largura média do corte:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	= <input type="text"/>
Número de conduítes:				
Comprimento do corte:	<input type="text"/>	+	<input type="text"/>	+
			<input type="text"/>	= <input type="text"/>
Largura média do corte:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	= <input type="text"/>
Número de conduítes:				
Comprimento do corte:	<input type="text"/>	+	<input type="text"/>	+
			<input type="text"/>	= <input type="text"/>
Massa Total de resíduo:	<input type="text"/>			
Observações:				
<u>Caso 02</u>				
Largura média do corte:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	= <input type="text"/>
Número de conduítes:				
Comprimento do corte:	<input type="text"/>	+	<input type="text"/>	+
			<input type="text"/>	= <input type="text"/>
Largura média do corte:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	= <input type="text"/>
Número de conduítes:				
Comprimento do corte:	<input type="text"/>	+	<input type="text"/>	+
			<input type="text"/>	= <input type="text"/>
Massa Total de resíduo:	<input type="text"/>			
Observações:				

Figura 19 – Dados a serem coletados após o corte

A coleta do resíduo foi dividida em “amostras”. Sendo cada amostra composta por um montante de resíduo proveniente do corte de uma parede com um ou mais rasgos. Em todo esse processo fotos foram tiradas para anexar a coleta de dados. Na Figura 20 tem-se o exemplo de uma amostra com 2 rasgos para passagem de um eletroduto de diâmetro externo de 25 mm por rasgo.



Figura 20 – Uma amostra com dois rasgos

As ferramentas encontradas na coleta de dados das obras foram a cortadora de parede fresa, a serra mármore – sempre usada em conjunto com a talhadeira e o martelo – e a talhadeira, usada em conjunto com o martelo.

Após feita a coleta das amostras do estudo piloto os dados foram tratados e separados por obra.

Nos arquivos digitais, as obras foram nomeadas com um código iniciado pela letra “O” seguida pelo número da sequência de coleta (O1, O2, O3...), e então continuado pela primeira letra da ferramenta utilizada e do número da amostra coletada (Figura 21).

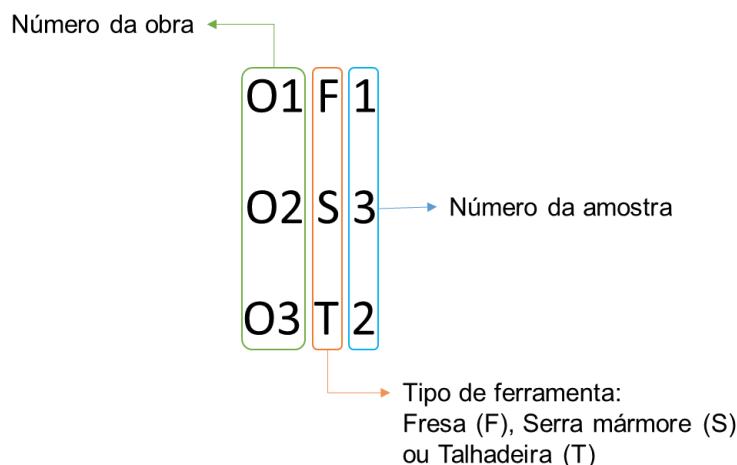


Figura 21 – Identificação das amostras coletadas nas obras

O padrão de identificação facilitou o manejo dos dados amostrais.

3.2.3 Levantamento de dados em laboratório

Baseando-se no estudo piloto, o levantamento em laboratório teve como objetivo controlar as variáveis independentes como o tipo de ferramenta e o tipo de bloco utilizados para a obtenção de dados, assemelhando-se ao máximo às características encontradas em obra.

As ferramentas utilizadas para a abertura do rasgo foram as mesmas encontradas no estudo piloto, fresa, serra mármore e talhadeira. Uma parceria entre a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e a empresa Cortag Indústria e Comércio LTDA. resultou em uma doação para esta pesquisa de um equipamento cortador de parede com fresa de 35 mm modelo BRIC 35, o qual foi utilizado para fazer os ensaios em laboratório, sendo que os outros equipamentos utilizados eram propriedade do electricista contratado para fazer o serviço.

Em um canteiro de obra localizado na UTFPR sede Ecoville, fez-se um projeto 3D (Figura 22) para nortear a construção de uma parede em bloco cerâmico, com os 4 tipos de blocos mais utilizados em Curitiba, de acordo com empresas de cerâmica contatadas. Os blocos comprados foram o de 9x14x19 cm, 9x19x29 cm, 11,5x14x24

cm e o de 14x19x29 cm. A ordem utilizada para assentamento dos blocos e o nome das paredes estão apresentados na Figura 22.

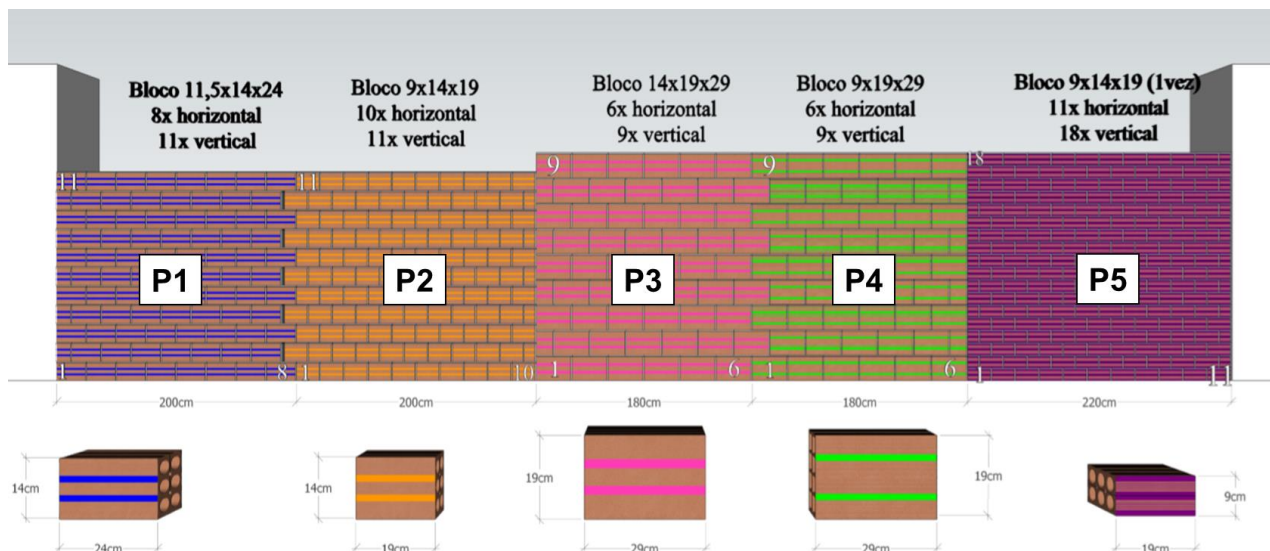


Figura 22 – Projeto tridimensional da parede a ser executada

Neste projeto buscou-se o melhor encaixe dos blocos para a estabilidade global da parede e a altura da parede foi limitada para que o profissional que executasse o serviço não precisasse fazer pausas para utilizar andaimes ou escadas. A execução da parede seguiu a NBR 8545 (ABNT, 1984), adotando a junta de assentamento vertical e horizontal de 10 mm (Figura 23).



Figura 23 – Construção da parede no canteiro de obras

Somente o assentamento do bloco de 9x14x19 cm foi usado em 2 partes da parede, feito em $\frac{1}{2}$ vez na segunda parte da parede (P2) e em 1 vez, na última parte da parede (P5). Foram utilizados 308 blocos de 9x14x19cm, 54 blocos de 9x19x29 cm e de 14x19x29 cm e 88 blocos de 11,5x14x24 cm.

Após a construção da parede, as partes com diferentes tipos de blocos foram identificadas com placas e em seguida desenhou-se com giz os rasgos a serem feitos. Optou-se pela medida de 3,5 cm de largura por 1,25 m de comprimento a serem feitos em cada amostra (Figura 24). Os valores foram padronizados em 3,5 cm a fim de se ajustarem ao diâmetro do equipamento fresa.



Figura 24 – Parede finalizada e identificada

Decidiu-se por fazer 3 rasgos por parede por tipo de ferramenta, assim, cada tipo de bloco ficou com 9 rasgos, sendo 3 de fresa, 3 de serra mármore e 3 de talhadeira, totalizando 45 rasgos para a coleta de dados.

O electricista contratado para fazer os rasgos foi orientado a executar o serviço como faria em uma obra real. Sem nenhuma pressa ou destreza diferentes do que se faz em obras. Somente pediu-se para que tentasse realizar os cortes no comprimento e largura pré-estabelecidos.

Todos os rasgos de fresa foram feitos primeiro, seguidos dos rasgos de serra mármore e por último, talhadeira. Fez-se o primeiro rasgo na parede 1, o primeiro na parede 2 e assim por diante; após o término do primeiro rasgo de fresa em todas as diferentes paredes, iniciou-se o segundo rasgo na parede 1, o segundo na parede 2 e

assim consecutivamente com todas as outras ferramentas. Todo o procedimento de realização dos rasgos foi filmado.

As amostras foram ensacadas e identificadas (Figura 25) para futuro manejo. A identificação seguiu a regra apresentada na Figura 26.



Figura 25 – Amostras ensacadas e identificadas após a coleta

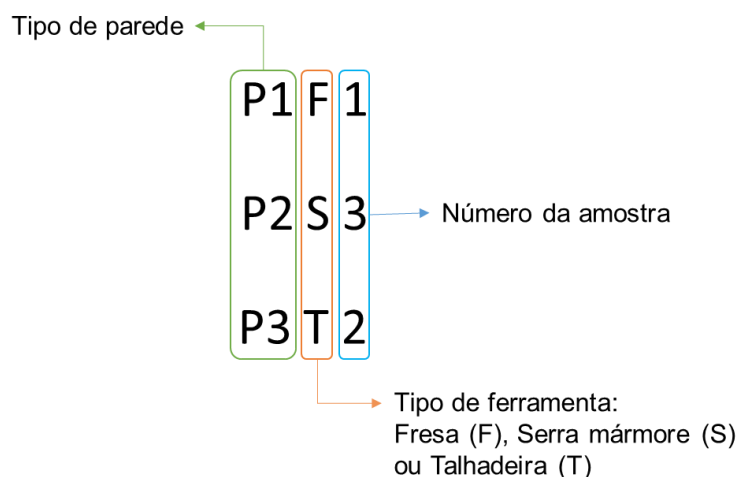


Figura 26 – Identificação das amostras coletadas em laboratório

Como as variáveis em laboratório possuem um controle maior, optou-se por cronometrar o tempo de execução do rasgo para cada coleta, pois em obra esse dado não foi possível obter. Além do tempo, foram medidos o comprimento e a largura do rasgo, para posteriormente os resíduos serem pesados individualmente para a

obtenção do índice de geração. O índice de geração será calculado pela divisão da massa de resíduo coletado pela área do rasgo.

A balança utilizada para a pesagem das amostras foi da marca Digimed modelo KN5000 com precisão 0,1 g para até 5 kg. Após a pesagem escolheu-se a última amostra de cada parede por ferramenta (P1F3, P1S3, P1T3, P2F3...), totalizando 15 amostras, sendo cinco de cada ferramenta, para fazer o ensaio de granulometria adaptado da NBR 7217 (ABNT, 1987). Para o ensaio de massa unitária, usando como base a NBR 7251 (ABNT, 1982) que também foi adaptada, misturaram-se as amostras de mesma ferramenta por parede (P1F1, P1F2, P1F3...) (Figura 27), obtendo-se assim 5 amostras de resíduo por ferramenta. O resíduo foi colocado em um recipiente de peso e volume conhecidos, para o posterior cálculo da massa unitária. O ensaio foi feito em triplicata.



Figura 27 – Resíduo de talhadeira sendo misturado para ensaio de massa unitária

3.2.4 Tratamento dos dados

Com a finalidade de analisar a qualidade dos dados obtidos e a relação entre os mesmos para a obtenção do índice de geração, na quarta etapa deste estudo, com o auxílio do *software* IBM – SPSS *statistics* 20 (IBM, 2011), realizou-se o tratamento dos dados coletados por meio da utilização de regressão linear múltipla, visto que as

variáveis preditoras (tipo de ferramenta e tipo de bloco) estão relacionadas com a variável de interesse (índice de geração de resíduos), contudo, o grau de relacionamento não é conhecido. A análise de regressão linear define um vasto conjunto de técnicas estatísticas usadas para modelar relações entre essas variáveis a partir de dados observados, fazendo com que o valor de uma variável dependente seja encontrado a partir de um conjunto de variáveis independentes (MAROCO, 2007; RUNGER et al., 2004).

Para tanto, foi necessária a verificação de normalidade dos dados, a fim de eliminar dados *outliers* (discrepantes) e sabendo-se que se a normalidade for violada, a interpretação e a inferência dos dados podem não ser confiáveis ou válidas (RAZALI e WAH, 2011). Na sequência, foram efetuadas as análises estatísticas com o propósito de descrever a relação entre a variável dependente e as variáveis independentes, que demonstram possível influência sobre o índice de geração de resíduos, como o tipo de ferramenta e o tipo de bloco utilizado.

Como o espaço amostral da atividade analisada é desconhecida e considerando o fato de que a amostra obtida tanto em campo quanto em laboratório possa ser considerada pequena, levou-se em conta o teorema do limite central, que define que se a variável para a população sob amostragem tem distribuição normal, a distribuição das médias amostrais também será normal para todos os tamanhos de amostra (RUNGER et al., 2004; STEVENSON, 2001).

Os conjuntos de dados foram avaliados através de gráficos de barras e dispersão, do diagrama de caixa (*boxplot*), análises paramétricas e do teste estatístico de Shapiro-Wilk para a verificação da normalidade dos dados que compõe a variável dependente, já que a distribuição normal é requisito para a aplicação da regressão linear.

Utilizou-se a análise paramétrica ANOVA (*Analysis of variance* - análise de variância) - que é indicada para 3 ou mais grupos de dados, para identificar a correlação entre grupos de variáveis independentes – seguido do teste *Bonferroni* para a identificação dos grupos que possuem diferenças significativas entre si (MUNDSTOCK et al., 2006). As variáveis independentes que apresentaram influência sobre a variável dependente, foram utilizadas na análise de regressão linear. O nível de significância utilizado foi de 0,05, com intervalo de confiança de 95% (FERREIRA; PATINO, 2015).

Após a análise estatística, prosseguiu-se para o cálculo do índice de geração (kg/m^2) do resíduo proveniente da execução dos rasgos nas paredes de alvenaria.

3.2.5 Comparativo de volume de resíduos e valores gastos por metro de rasgo a partir da ferramenta escolhida

Após a conclusão das etapas anteriores do estudo, os valores obtidos serão aplicados em estudo de caso, para obtenção da quantidade de resíduo gerado na execução dos rasgos das instalações elétricas em apartamentos de um edifício residencial hipotético, bem como o tempo gasto para a execução dos rasgos e o valor da mão de obra por metro de rasgo feito.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os dados da pesquisa serão analisados e discutidos nesse capítulo. Primeiro serão analisados os dados do estudo piloto e depois os dados provenientes do laboratório, para então o índice de geração de resíduos ser calculado e aplicado.

4.1 APRESENTAÇÃO DOS DADOS E RESULTADOS DO ESTUDO PILOTO

A seguir serão apresentados os dados coletados no estudo piloto das 6 obras analisadas.

4.1.1 Dados coletados *in loco*

A partir dos formulários preenchidos nas obras, foi possível levantar as características das edificações e dos resíduos coletados. Nas 21 coletas de dados o uso de ferramentas se dividiu conforme percentuais apresentados no Gráfico 1, sendo a serra mármore em conjunto com a talhadeira utilizado em 10 das amostras, a fresa em 8 e a talhadeira em 3 amostras.

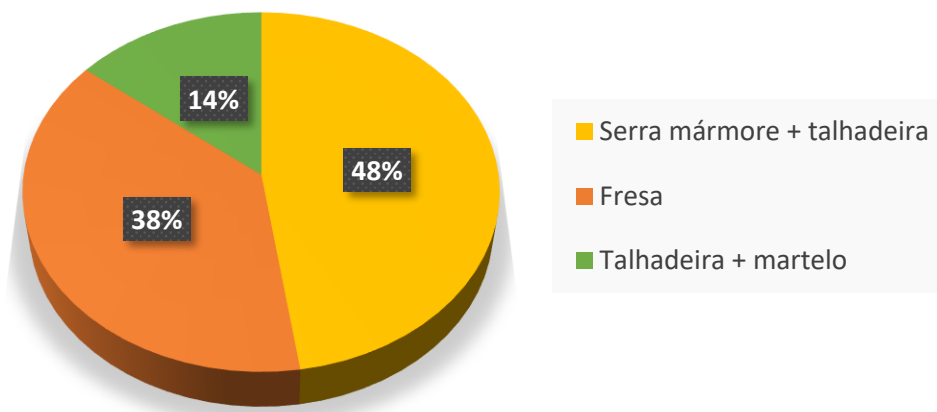


Gráfico 1 – Percentual de ferramentas levantadas no estudo piloto.

Quanto ao perfil dos profissionais, todos se denominavam eletricitas e trabalhavam na área entre 4 e 30 anos, contudo nenhum deles citou ter passado por algum treinamento para realização dos rasgos ou para o manejo correto das ferramentas utilizadas.

As demais características levantadas nas obras estão na Tabela 2.

Tabela 2 – Características levantadas nas obras

Obra	Disposição alvenaria	Revestimento	Ferramenta	ϕ eletroduto (cm)	Dimensão do bloco (cm)	Junta vertical (cm)	Junta horizontal (cm)	Experiência profissional (anos)
O1	1/2 vez	Nenhum	Fresa	2,5	11,5x19x24	1,7	2,7	30
O2	1/2 vez	Nenhum	Serra mármore	2,5	11,5x14x19	0,7	2,0	7
O3	1/2 vez	Nenhum	Serra mármore	2,5	9x14x19	1,7	2,0	4
O4	1/2 vez	Nenhum	Serra mármore	2,5	9x14x19	2,0	2,5	25
O5	1/2 vez	Nenhum	Fresa	2,5	14x19x29	0,0	1,5	20
O6	1/2 vez	Nenhum	Talhadeira	2,5	14x19x29	1,0	1,0	7

Em todas as obras a disposição da alvenaria foi de ½ vez (em pé) e os blocos estavam sem nenhum revestimento. As juntas verticais e horizontais de assentamento apresentaram grande diferença entre as obras variando de junta seca (0 centímetros) até 2,7 centímetros. Foram levantados 4 blocos diferentes e em todos os tipos foi utilizado o mesmo diâmetro de eletroduto flexível no rasgo (25 mm).

Em obra coletaram-se informações como a dimensão do bloco cerâmico utilizado, a disposição deste bloco na parede, o comprimento e largura do rasgo para instalação do eletroduto, a dimensão das aberturas de caixas de luz e a massa de resíduo coletada após o rasgo. Em rasgos com mais de uma largura, calculou-se a área do rasgo e em seguida linearizou-se o rasgo em função do comprimento para assim obter-se uma largura média. Quando da existência de caixas de luz nos rasgos, a área foi adicionada diretamente na divisão da massa pela área no cálculo do índice.

Na primeira obra analisada, em que a ferramenta utilizada foi a fresa, coletaram-se 4 amostras, mostradas no Quadro 2.

Quadro 2 – Dados coletados na obra 1

Amostra	Bloco	Disposição	Comprimento (m)	Largura (m)	Massa (kg)	Índice (kg/m ²)
O1F1	11,5x19x24	1/2 vez	2,00	0,033	2,22	27,41*
O1F2	11,5x19x24	1/2 vez	4,05	0,032	4,34	27,19*
O1F3	11,5x19x24	1/2 vez	4,12	0,033	4,92	29,65*
O1F4	11,5x19x24	1/2 vez	2,63	0,033	2,50	24,56*

* Área de aberturas de caixas de luz foram adicionadas a conta

O índice de geração do resíduo para a obra 1 ficou entre 24,56 kg/m² e 29,65 kg/m², com média de 27,2 kg/m² com desvio padrão de 2,08 kg/m².

Na segunda obra, a ferramenta utilizada foi a serra mármore com a talhadeira e os resultados estão no Quadro 3.

Quadro 3 – Dados coletados na obra 2

Amostra	Bloco (cm)	Disposição	Comprimento (m)	Largura (m)	Massa (kg)	Índice (kg/m ²)
O2S1	11,5x14x19	1/2 vez	4,40	0,037	5,66	24,33*
O2S2	11,5x14x19	1/2 vez	4,10	0,067	10,59	29,38*
O2S3	11,5x14x19	1/2 vez	4,50	0,061	8,51	26,59*
O2S4	11,5x14x19	1/2 vez	2,05	0,036	3,22	29,60*
O2S5	11,5x14x19	1/2 vez	4,36	0,051	6,41	26,51*

* Área de aberturas de caixas de luz foram adicionadas a conta

O índice de geração ficou entre 24,33 kg/m² e 29,60 kg/m² e a média de 27,28 kg/m² teve um desvio padrão de 2,21 kg/m².

Na terceira obra, coletaram-se 3 amostras obtidas com o corte também em serra mármore (Quadro 4).

Quadro 4 – Dados coletados na obra 3

Amostra	Bloco	Disposição	Comprimento (m)	Largura (m)	Massa (kg)	Índice (kg/m ²)
O3S1	9x14x19	1/2 vez	1,45	0,030	1,54	26,32*
O3S2	9x14x19	1/2 vez	1,49	0,032	1,80	28,72*
O3S3	9x14x19	1/2 vez	1,67	0,032	1,90	27,76*

* Área de aberturas de caixas de luz foram adicionadas a conta

O valor médio do índice coletado para a obra 3 foi de 27,60 kg/m² com desvio padrão de 1,20 kg/m², tendo o valor mínimo de 26,32 kg/m² e o máximo de 28,72 kg/m².

Na quarta obra, somente duas amostras foram aproveitadas, com média de 29,35 kg/m² do índice de geração e desvio padrão de 2,18 kg/m² (Quadro 5).

Quadro 5 – Dados coletados na obra 4

Amostra	Bloco	Disposição	Comprimento (m)	Largura (m)	Massa (kg)	Índice (kg/m ²)
O4S1	9x14x19	1/2 vez	1,90	0,039	2,85	30,89*
O4S2	9x14x19	1/2 vez	2,09	0,040	2,95	27,80*

* Área de aberturas de caixas de luz foram adicionadas a conta

Com 4 amostras, a obra número 5 resultou em um índice de geração de 26,78 kg/m² com desvio padrão de 2,56 kg/m² obtidos com o uso da fresa (Quadro 6).

Quadro 6 – Dados coletados na obra 5

Amostra	Bloco	Disposição	Comprimento (m)	Largura (m)	Massa (kg)	Índice (kg/m ²)
O5F1	14x19x29	1/2 vez	1,52	0,160	9,01	27,44*
O5F2	14x19x29	1/2 vez	3,52	0,082	8,28	28,58
O5F3	14x19x29	1/2 vez	2,55	0,029	1,70	23,00
O5F4	14x19x29	1/2 vez	1,94	0,030	1,64	28,09

* Área de aberturas de caixas de luz foram adicionadas a conta

Por fim, na obra 6 a ferramenta utilizada foi a talhadeira, resultando em um índice de geração de 29,73 kg/m² com desvio padrão de 3,01 kg/m².

Quadro 7 – Dados coletados na obra 6

Amostra	Bloco	Disposição	Comprimento (m)	Largura (m)	Massa (kg)	Índice (kg/m ²)
O6T1	14x19x29	1/2 vez	1,52	0,110	5,27	31,61
O6T2	14x19x29	1/2 vez	1,94	0,151	7,70	26,25
O6T3	14x19x29	1/2 vez	2,57	0,061	4,87	31,32

Com a compilação das médias, desvios padrão e outras características das obras, fez-se a Tabela 3, em que é possível observar que o índice médio se assemelha para todos os casos.

Tabela 3 – Resumo dos resultados analisados no estudo piloto

Obra	Bloco	Junta vertical (cm)	Junta horizontal (cm)	Comprimento total (m)	Massa total (kg)	Índice médio (kg/m ²)	Desvio padrão (kg/m ²)
O1F	11,5x19x24	1,7	2,7	12,80	13,98	27,20	2,08
O2S	11,5x14x19	0,7	2,0	19,41	34,39	27,28	2,21
O3S	9x14x19	1,7	2,0	4,61	5,24	27,60	1,20
O4S	9x14x19	2,0	2,5	3,99	5,80	29,35	2,18
O5F	14x19x29	seca	1,5	9,53	20,63	26,78	2,56
O6T	14x19x29	1,0	1,0	6,03	17,84	29,73	3,01

A maior média do índice de geração foi da talhadeira na obra 6, com 29,73 kg/m², seguida pela obra 4 de 29,35 kg/m², em que se encontram os maiores valores de juntas vertical e horizontal, o menor índice foi encontrado na obra 5, de 26,78 kg/m², em que uma das juntas de assentamento do bloco era zero.

Ao todo foram analisados mais de 56 metros de rasgos em alvenaria, somando o montante de 97,87 kg de resíduos pesados no estudo piloto.

4.1.2 Largura dos rasgos

Em todos os casos analisados o eletroduto corrugado a ser utilizado foi o de 20 mm ($\frac{3}{4}$ " nominal com diâmetro externo de 25 mm. Os rasgos para a passagem de um eletroduto variaram na média de 28 mm até 160 mm de largura. Um exemplo pode ser visto na Figura 28, em que o tamanho do rasgo é maior do que o necessário, para a execução foi utilizada a ferramenta do tipo talhadeira.



Figura 28 – Eletrodutos embutidos na parede

Nas obras não foi possível analisar o tamanho pretendido do rasgo *versus* o tamanho executado, como foi analisado nos dados do laboratório, mas ficou visível em alguns casos o exagero das dimensões dos rasgos em contrapartida com tamanho do eletroduto a ser instalado.

4.1.3 Massa unitária e tamanho dos grãos

Na coleta de dados do estudo piloto juntou-se o resíduo das amostras de uma mesma obra, que em seguida foram colocados em um balde de volume e peso conhecidos para que a massa unitária fosse calculada. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 4. Vale salientar que a obra número 4 não atingiu a massa mínima necessária para completar o recipiente para o cálculo da massa unitária.

Tabela 4 – Massa unitária dos resíduos coletados nas obras

Ferramenta	Obra	Disposição do bloco	Massa unitária (kg/m ³)
Fresa	Obra 1	1/2 vez	1100,7
Fresa	Obra 5	1/2 vez	1080,1
Serra mármore e talhadeira	Obra 3	1/2 vez	1021,8
Serra mármore e talhadeira	Obra 2	1/2 vez	993,6
Talhadeira e martelo	Obra 6	1/2 vez	908,4

Nota-se que a fresa tem a maior massa unitária, seguida da serra mármore e depois da talhadeira. As médias das massas unitárias são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Médias das massas unitárias

Ferramenta	Média massa unitária (kg/m ³)	Desvio padrão (kg/m ³)
Fresa	1090,4	14,5
Serra mármore e talhadeira	1007,7	20,0
Talhadeira e martelo	908,4	-

A massa unitária média do material proveniente da fresa coletado nas obras é 8,2% superior ao material coletado de serra mármore e 20% superior ao material da talhadeira.

Notou-se também que dependendo da ferramenta utilizada, o formato dos grãos de resíduos variava. Para a ferramenta fresa, obtiveram-se resíduos mais finos, já para a serra mármore e para a talhadeira, pedaços mais grosseiros foram encontrados, conclusões estas que são verificadas do item 4.2.4 deste trabalho.

Na Figura 29, na Figura 30 e na Figura 31, pode-se relacionar visualmente a ferramenta utilizada com o tamanho do resíduo gerado.



Figura 29 – Resíduo de parede de bloco cerâmico utilizando a fresa para corte



Figura 30 – Resíduo de parede de bloco cerâmico utilizando a serra mármore e a talhadeira para corte



Figura 31 – Resíduo de parede bloco cerâmico utilizando a talhadeira e o martelo para corte

As frações do resíduo têm relação direta com a massa unitária, quando se trata do mesmo material estudado, visto que quanto menor a partícula de determinado resíduo, mais massa caberá em um determinado volume. Apenas com a análise visual é possível perceber que o resíduo da fresa tem a maior massa unitária, pelas partículas serem menores.

4.1.4 Observação da eficiência das ferramentas

Considerando-se a análise observacional, a eficiência dos instrumentos pode ser comparada. Na Tabela 6 estimou-se a rapidez de conclusão do serviço (rápido, moderado e devagar) e a precisão do corte (alta, média, baixa).

Tabela 6 – Eficiência das ferramentas

Instrumento	Rapidez na execução	Precisão do Corte
Fresa	Rápido	Alta
Serra mármore e talhadeira	Moderado	Alta
Talhadeira e martelo	Devagar	Baixa

Nesta avaliação observacional, a fresa é o equipamento mais eficaz, pois aliou a rapidez com a precisão além de dispor de larguras com medidas mais constantes, contudo o diâmetro do rasgo é limitado aos discos de fresa disponíveis no mercado. O resíduo gerado na passagem da máquina é direcionado para baixo, assim o nível de poeira produzido é baixo.

Por mais que o uso da serra mármore resulte em um corte preciso, o procedimento além de produzir muita poeira, é consideravelmente mais lento que a fresa, visto que o profissional que executa o serviço precisa cortar a alvenaria duas vezes para então utilizar a talhadeira para tirar o resíduo entre os dois cortes.

A utilização somente da talhadeira com o martelo, sem a delimitação do rasgo feito por serra mármore, deixa o trabalho ainda mais lento, mais impreciso e menos ergonômico e faz com que se abram rasgos maiores do que o previsto, contudo não tem considerável geração de poeira.

4.1.5 Percepção de geração pelo gerador

Em todas as obras os executores do serviço foram questionados sobre a quantidade de resíduos gerados em seu serviço, em todas as respostas a quantidade de resíduo foi subestimada. Dentre 8 respostas, 4 foram abaixo de 1 kg, enquanto as amostras pesavam mais de 1 kg. Por esse motivo algumas ações de educação ambiental voltadas a eletricitistas podem contribuir na percepção do resíduo gerado durante a atividade, auxiliando na redução da geração movida pela consciência ecológica.

4.2 APRESENTAÇÃO DOS DADOS E RESULTADOS COLETADOS EM LABORATÓRIO

Neste item serão abordados os dados coletados no processo de construção da parede em laboratório, durante o processo de rasgo dos blocos com as diferentes ferramentas e os resultados calculados e analisados depois dos ensaios.

4.2.1 Dimensões dos blocos cerâmicos

Os 4 tipos diferentes de blocos utilizados para a construção da parede em laboratório passaram por verificações visuais e de dimensões para a então aceitação do lote. As medidas de interesse foram a largura, a altura e a distância da parede externa do bloco até o primeiro furo (começo do primeiro septo vertical), visto que essa dimensão poderia ter influência na quantidade de resíduo gerado. Do montante de blocos comprados, foram utilizadas três amostras de cada tamanho e desses blocos repetiram-se 3 medidas em diferentes posições para a análise de padronização. As medidas encontram-se na Tabela 7, na Tabela 8, na Tabela 9 e na Tabela 10.

Tabela 7 – Dimensões dos blocos de 9x14x19 cm

	BLOCO 9X14X19 - 6 FUIROS				
	Medida 1 (cm)	Medida 2 (cm)	Medida 3 (cm)	Média (cm)	Desvio Padrão (cm)
Largura bloco 1	19,55	19,39	19,44	19,42	0,0961
Largura bloco 2	19,39	19,27	19,30		
Largura bloco 3	19,50	19,46	19,52		
Altura bloco 1	14,24	14,33	14,31	14,19	0,0921
Altura bloco 2	14,15	14,16	14,07		
Altura bloco 3	14,08	14,19	14,14		
1º Furo bloco 1	4,07	4,21	4,17	4,16	0,0776
1º Furo bloco 2	4,19	4,07	4,28		
1º Furo bloco 3	4,06	4,21	4,20		

Tabela 8 – Dimensões dos blocos de 9x19x29 cm

BLOCO 9X19X29 - 8 FUIROS					
	Medida 1 (cm)	Medida 2 (cm)	Medida 3 (cm)	Média (cm)	Desvio Padrão (cm)
Largura bloco 1	29,35	29,40	29,40	29,27	0,1201
Largura bloco 2	29,36	29,25	29,19		
Largura bloco 3	29,22	29,04	29,20		
Altura bloco 1	18,90	18,91	18,89	18,96	0,0831
Altura bloco 2	18,95	18,92	18,88		
Altura bloco 3	19,09	19,03	19,08		
1º Furo bloco 1	4,03	3,96	4,15	4,10	0,1312
1º Furo bloco 2	4,03	3,99	4,22		
1º Furo bloco 3	4,27	3,98	4,29		

Tabela 9 – Dimensões dos blocos de 11,5x14x24 cm

BLOCO 11,5X14X24 - 6 FUIROS					
	Medida 1 (cm)	Medida 2 (cm)	Medida 3 (cm)	Média (cm)	Desvio Padrão (cm)
Largura bloco 1	24,05	24,10	24,10	24,03	0,0421
Largura bloco 2	24,04	24,00	24,00		
Largura bloco 3	24,00	24,00	24,01		
Altura bloco 1	14,35	14,31	14,39	14,34	0,0296
Altura bloco 2	14,31	14,31	14,36		
Altura bloco 3	14,33	14,36	14,31		
1º Furo bloco 1	5,12	5,41	5,21	5,31	0,1236
1º Furo bloco 2	5,36	5,43	5,15		
1º Furo bloco 3	5,33	5,46	5,28		

Tabela 10 – Dimensões dos blocos de 14x19x29 cm

BLOCO 14X19X29 - 9 FUIROS					
	Medida 1 (cm)	Medida 2 (cm)	Medida 3 (cm)	Média (cm)	Desvio Padrão (cm)
Largura bloco 1	29,39	29,15	29,23	29,19	0,1056
Largura bloco 2	29,12	29,04	29,29		
Largura bloco 3	29,20	29,10	29,17		
Altura bloco 1	18,90	18,92	18,75	18,91	0,0685
Altura bloco 2	18,93	18,93	18,88		
Altura bloco 3	18,95	18,97	18,98		
1º Furo bloco 1	4,40	4,43	4,50	4,46	0,0578
1º Furo bloco 2	4,53	4,45	4,52		
1º Furo bloco 2	4,40	4,40	4,53		

Percebe-se que todos os blocos estão dentro do limite de desvio de medida, sendo de 5 mm para as dimensões individuais e 3 mm para as médias, como designa a NBR 15270 (ABNT, 2005). O bloco cerâmico de medidas 11,5x14x24 cm possui a maior distância da camada externa do bloco até final do primeiro furo.

4.2.2 Dados extraídos a partir da construção da parede

Dados como o tempo de execução dos rasgos, peso das amostras e granulometria do resíduo e o cálculo do índice de geração de resíduos serão expostos a seguir.

4.2.2.1 Tempo de execução do rasgo

Cronometrou-se o tempo de duração da execução de cada um dos 45 rasgos feitos nas paredes e posteriormente foi feita a comparação entre esses dados. Os resultados são encontrados no Quadro 8. Agruparam-se os tipos de blocos/paredes nos quadros com diferentes cores para melhor comparação visual entre as ferramentas.

Quadro 8 – Tempos de execução dos rasgos

(continua)

FRESA		SERRA MÁRMORE		TALHADEIRA	
Amostra	Tempo (hh:mm:ss)	Amostra	Tempo (hh:mm:ss)	Amostra	Tempo (hh:mm:ss)
P1F1	00:00:27	P1S1	00:02:39	P1T1	00:05:24
P1F2	00:00:23	P1S2	00:02:19	P1T2	00:06:33
P1F3	00:00:21	P1S3	00:02:27	P1T3	00:04:42
P2F1	00:00:27	P2S1	00:02:42	P2T1	00:04:58
P2F2	00:00:23	P2S2	00:02:06	P2T2	00:05:27
P2F3	00:00:21	P2S3	00:02:14	P2T3	00:04:19
P3F1	00:00:26	P3S1	00:02:12	P3T1	00:05:23
P3F2	00:00:22	P3S2	00:01:53	P3T2	00:04:33

						(conclusão)	
P3F3	00:00:24	P3S3	00:02:16	P3T3	00:04:59		
P4F1	00:00:25	P4S1	00:02:02	P4T1	00:05:59		
P4F2	00:00:23	P4S2	00:02:20	P4T2	00:04:43		
P4F3	00:00:24	P4S3	00:02:12	P4T3	00:05:42		
P5F1	00:00:25	P5S1	00:02:49	P5T1	00:06:02		
P5F2	00:00:21	P5S2	00:02:58	P5T2	00:04:48		
P5F3	00:00:24	P5S3	00:02:10	P5T3	00:05:28		
Total	00:05:56	Total	00:35:19	Total	01:19:00		

Após a junção das informações calculou-se quanto tempo é gasto para a realização de um metro de rasgo para cada tipo de ferramenta (Gráfico 2).

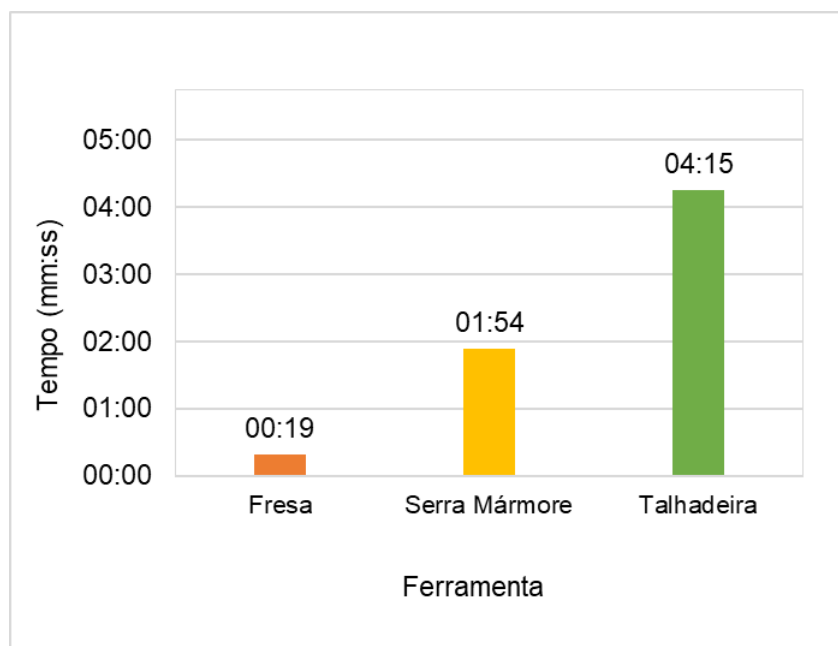


Gráfico 2 – Tempo médio de execução do rasgo por metro

A variável tempo médio mostrou-se diretamente dependente do tipo de ferramenta utilizada. O tempo de execução de um metro de rasgo em alvenaria utilizando o cortador de parede tipo fresa foi 6 vezes menor que do que utilizando a serra mármore e aproximadamente 14 vezes menor do que utilizando a talhadeira. Também se observa que a soma de todos os tempos de execução dos rasgos feitos pela fresa chega muito próximo ao tempo de execução de apenas um rasgo em talhadeira.

A Figura 32, compara os tempos na execução de metade do rasgo na parede P2 nas segundas amostras de cada ferramenta.



Figura 32 – Comparação entre os tempos de fresa, serra mármore e talhadeira para 50% de um rasgo

A vantagem, com relação ao tempo gasto para realização de um rasgo, é clara para a ferramenta fresa em todas as amostras cronometradas. Quanto a ergonomia do serviço, a ferramenta mais rápida requer menos esforço do profissional, enquanto a talhadeira, além transmitir muita vibração ao braço do electricista, tem um tempo de execução maior, o que resulta em ter que ficar em posições agachadas, por exemplo, por mais tempo.

O tempo pode variar de acordo com a ferramenta empregada, de acordo com o profissional que executará o rasgo, de acordo com o tamanho da junta de assentamento, entre outros. Vale lembrar que existe no mercado da construção civil uma infinidade de ferramentas variadas para executar um mesmo serviço e neste trabalho foram analisados 3 métodos diferentes.

4.2.2.2 Índice de geração de resíduo e largura dos rasgos

Os índices de geração de resíduos calculados pela razão entre a massa de resíduo de um rasgo e a área desse rasgo, foram estimados separadamente por tipo de ferramenta e por grupos de blocos, como mostrado no Quadro 9, no Quadro 10 e no Quadro 11.

Quadro 9 – Índices de geração de resíduos para a fresa

FRESA							
Amostra	Bloco	Disposição	Comprimento do rasgo (m)	Largura do rasgo (m)	Massa (kg)	Índice de geração (kg/m ²)	Tempo (mm:ss)
P1F1	11,5x14x24	1/2 vez	1,260	0,0350	1,2288	27,86	00:27
P1F2	11,5x14x24	1/2 vez	1,210	0,0350	1,0438	24,65	00:23
P1F3	11,5x14x24	1/2 vez	1,200	0,0350	1,0548	25,11	00:21
P2F1	9x14x19	1/2 vez	1,260	0,0350	1,1868	26,91	00:27
P2F2	9x14x19	1/2 vez	1,200	0,0350	1,0928	26,02	00:23
P2F3	9x14x19	1/2 vez	1,270	0,0350	1,1178	25,15	00:21
P3F1	14x19x29	1/2 vez	1,255	0,0350	0,9168	20,87	00:26
P3F2	14x19x29	1/2 vez	1,265	0,0350	0,8838	19,96	00:22
P3F3	14x19x29	1/2 vez	1,280	0,0350	0,9248	20,64	00:24
P4F1	9x19x29	1/2 vez	1,230	0,0350	1,0018	23,27	00:25
P4F2	9x19x29	1/2 vez	1,225	0,0350	0,9548	22,27	00:23
P4F3	9x19x29	1/2 vez	1,320	0,0350	1,2408	26,86	00:24
P5F1	9x14x19	1 vez	1,220	0,0350	1,2378	28,99	00:25
P5F2	9x14x19	1 vez	1,195	0,0350	1,1268	26,94	00:21
P5F3	9x14x19	1 vez	1,230	0,0350	1,1728	27,24	00:24

Quadro 10 – Índices de geração de resíduos para a serra mármore

SERRA MÁRMORE							
Amostra	Bloco	Disposição	Comprimento do rasgo (m)	Largura do rasgo (m)	Massa (kg)	Índice de geração (kg/m ²)	Tempo (mm:ss)
P1S1	11,5x14x24	1/2 vez	1,245	0,0480	1,7178	28,74	02:39
P1S2	11,5x14x24	1/2 vez	1,225	0,0300	0,8828	24,02	02:19
P1S3	11,5x14x24	1/2 vez	1,235	0,0350	1,0448	24,17	02:27
P2S1	9x14x19	1/2 vez	1,230	0,0350	1,0478	24,34	02:42
P2S2	9x14x19	1/2 vez	1,230	0,0340	0,9668	23,12	02:06
P2S3	9x14x19	1/2 vez	1,240	0,0360	0,9708	21,75	02:14
P3S1	14x19x29	1/2 vez	1,265	0,0330	0,8968	21,48	02:12
P3S2	14x19x29	1/2 vez	1,270	0,0310	0,8118	20,62	01:53
P3S3	14x19x29	1/2 vez	1,250	0,0350	0,7968	18,21	02:16
P4S1	9x19x29	1/2 vez	1,275	0,0350	1,0478	23,48	02:02
P4S2	9x19x29	1/2 vez	1,230	0,0340	0,8398	20,08	02:20
P4S3	9x19x29	1/2 vez	1,245	0,0340	0,9098	21,49	02:12
P5S1	9x14x19	1 vez	1,220	0,0330	0,9978	24,78	02:49
P5S2	9x14x19	1 vez	1,240	0,0340	1,1328	26,87	02:58
P5S3	9x14x19	1 vez	1,260	0,0360	1,2948	28,54	02:10

Quadro 11 – Índices de geração de resíduos para a talhadeira

TALHADEIRA							
Amostra	Bloco	Disposição	Comprimento do rasgo (m)	Largura do rasgo (m)	Massa (kg)	Índice de geração (kg/m ²)	Tempo (mm:ss)
P1T1	11,5x14x24	1/2 vez	1,235	0,0450	1,660	29,87	05:24
P1T2	11,5x14x24	1/2 vez	1,235	0,0440	2,050	37,73	06:33
P1T3	11,5x14x24	1/2 vez	1,220	0,0456	1,710	30,73	04:42
P2T1	9x14x19	1/2 vez	1,205	0,0673	1,933	23,83	04:58
P2T2	9x14x19	1/2 vez	1,225	0,0370	1,227	27,07	05:27
P2T3	9x14x19	1/2 vez	1,250	0,0447	1,267	22,67	04:19
P3T1	14x19x29	1/2 vez	1,250	0,0380	0,970	20,42	05:23
P3T2	14x19x29	1/2 vez	1,270	0,0350	0,918	20,65	04:33
P3T3	14x19x29	1/2 vez	1,220	0,0535	1,302	19,94	04:59
P4T1	9x19x29	1/2 vez	1,230	0,0416	1,469	28,71	05:59
P4T2	9x19x29	1/2 vez	1,250	0,0400	1,265	25,30	04:43
P4T3	9x19x29	1/2 vez	1,220	0,0831	2,559	25,24	05:42
P5T1	9x14x19	1 vez	1,250	0,0400	1,441	28,82	06:02
P5T2	9x14x19	1 vez	1,240	0,0410	1,399	27,51	04:48
P5T3	9x14x19	1 vez	1,260	0,0350	1,200	27,21	05:28

Em um primeiro momento, nota-se que os valores das larguras para a talhadeira destoam dos valores das outras ferramentas que se aproximam mais de 3,5 centímetros. Outro ponto é que os tempos não tem relação direta com o tipo de bloco utilizado e sim com o tipo de ferramenta, como comentado no item 4.2.1.

Analisando a média das larguras da ferramenta talhadeira, percebe-se que ela não seguiu o padrão de 3,5 cm propostos, diferentemente do comprimento, que conseguiu-se controlar em todas as amostras.

Tabela 11 – Soma dos comprimentos e larguras dos rasgos

Ferramenta	Comprimento total rasgo (m)	Soma das larguras (m)	Média das larguras (m)
Fresa	18,62	0,53	0,0350
Serra Mármore	18,66	0,52	0,0349
Talhadeira	18,56	0,69	0,0461

Enquanto a soma das larguras para a fresa e serra mármore ficaram em torno de meio metro, a da talhadeira ficou 31% maior (Tabela 11), resultando em uma média de 4,6 cm de largura. Isso demonstra que a ferramenta não é precisa, fazendo com que se abram rasgos maiores do que o necessário e conseqüentemente gerando mais resíduos. Devido ao impacto e vibração que a talhadeira exerce sobre a parede, muito pedaços adjacentes se fragilizam e quebram, fazendo também com que fragmentos de argamassa se soltem nos arredores do rasgo.

Os rasgos com serra mármore também necessitam da talhadeira para a finalização da abertura, contudo, a serra mármore delimita o espaço interno do rasgo, facilitando a retirada de material da alvenaria e excluindo as partes externas ao corte da serra da influência do impacto gerado pela talhadeira.

Na Figura 33 é possível perceber a diferença nas larguras e no acabamento das bordas entre as ferramentas utilizadas na parede P1.



Figura 33 – Comparação das larguras e do acabamento do rasgo para as diferentes ferramentas

As médias do índice de geração de resíduos por tipo de parede em cada ferramenta também foi analisada separadamente. No Quadro 12 pode-se ver as médias do índice de geração encontradas para a ferramenta fresa.

Quadro 12 – Comparativo das médias do índice de geração da fresa por parede

FRESA				
Parede	Bloco	Disposição	Média do índice (kg/m ²)	Desvio Padrão (kg/m ²)
P1	11,5x14x24	1/2 vez	25,88	1,74
P2	9x14x19	1/2 vez	26,03	0,88
P3	14x19x29	1/2 vez	20,49	0,47
P4	9x19x29	1/2 vez	24,13	2,41
P5	9x14x19	1 vez	27,72	1,11
Média das médias (kg/m ²)			24,85	2,84

O valor mínimo encontrado é de 20,49 kg/m² para a P3, enquanto o maior índice ficou com a P5 no valor de 27,72 kg/m².

O cálculo das médias para a ferramenta serra mármore estão apresentadas no Quadro 13.

Quadro 13 – Comparativo das médias do índice de geração da serra mármore por parede

SERRA MÁRMORE				
Parede	Bloco	Disposição	Média índice (kg/m²)	Desvio Padrão (kg/m²)
P1	11,5x14x24	1/2 vez	25,65	2,68
P2	9x14x19	1/2 vez	23,07	1,30
P3	14x19x29	1/2 vez	20,11	1,69
P4	9x19x29	1/2 vez	21,68	1,71
P5	9x14x19	1 vez	26,73	1,88
Média das médias (kg/m ²)			23,45	3,01

As paredes com os valores mínimos e máximos coincidiram com a ferramenta fresa, em que mínimo encontrado é de 20,11 kg/m² para a P3, e o máximo para a P5 no valor de 26,73 kg/m².

No Quadro 14 estão as médias dos índices de geração da talhadeira.

Quadro 14 – Comparativo das médias do índice de geração da talhadeira por parede

TALHADEIRA				
Parede	Bloco	Disposição	Média índice (kg/m²)	Desvio padrão (kg/m²)
P1	11,5x14x24	1/2 vez	32,78	4,31
P2	9x14x19	1/2 vez	24,52	2,28
P3	14x19x29	1/2 vez	20,34	0,36
P4	9x19x29	1/2 vez	26,41	1,99
P5	9x14x19	1 vez	27,85	0,85
Média das médias (kg/m ²)			26,38	4,68

O índice de geração da P1 chegou a 32,78 kg/m², enquanto o da P3 continuou na casa dos 20 kg/m².

Agrupando-se em um gráfico de barras as três médias obtidas dos índices, uma por ferramenta, obtém-se o Gráfico 3, em que é possível perceber a paridade dos índices independente da ferramenta. A diferença entre o valor máximo (talhadeira) e mínimo (serra mármore) do índice por ferramenta é de 12,5%. Ao analisar os desvios padrão na última linha do Quadro 12, Quadro 13 e Quadro 14, nota-se que todos os valores das médias por ferramenta estão entre a faixa dos desvios padrão umas das outras.

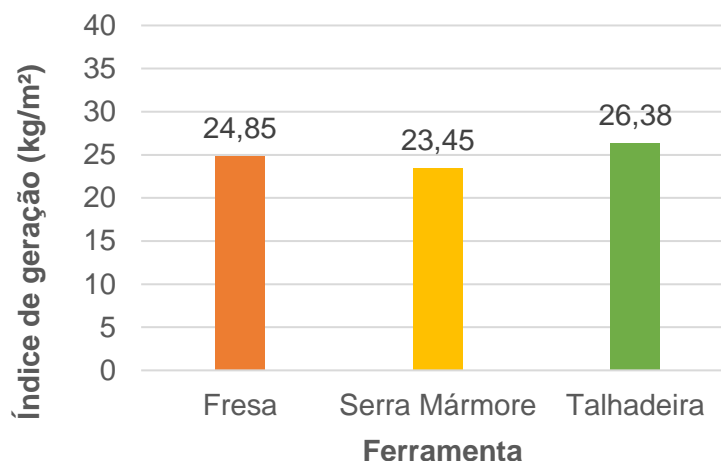


Gráfico 3 – Média do índice de geração de resíduos por ferramenta

O Quadro 15 expõe a comparação das médias dos índices por parede das diferentes ferramentas e também a média individual por parede desconsiderando a ferramenta utilizada.

Quadro 15 – Médias do índice de geração por parede

Médias do índice de geração por parede por ferramenta (kg/m²)						
Parede	Bloco	Fresa	Serra Mármore	Talhadeira	Média das médias (kg/m²)	Desvio padrão (kg/m²)
P1	11,5x14x24	25,88	25,65	32,78	28,10	4,05
P2	9x14x19	26,03	23,07	24,52	24,54	1,48
P3	14x19x29	20,49	20,11	20,34	20,31	0,19
P4	9x19x29	24,13	21,68	26,41	24,08	2,36
P5	9x14x19	27,72	26,73	27,85	27,43	0,61

Nota-se que a parede P3, construída com o bloco cerâmico 14x19x29cm, tem a média mais baixa, de 20,31 kg/m², com o menor desvio padrão das amostras, enquanto todas as outras médias gerais, sem considerar o tipo de ferramenta, estão acima dos 24,00 kg/m² de geração. Uma das possíveis razões dos índices da parede P3 serem menores que as demais é atribuída a densidade do material utilizado na confecção do bloco, visto que a distância até o primeiro furo é similar aos outros blocos e o espaço entre a junta de assentamento horizontal é de 19cm, igual a P4.

A parede P5 obteve a segunda maior média em relação as demais paredes e uma das hipóteses para isto é que como o bloco 9x14x19 cm foi assentado em 1 vez, as camadas de argamassa entre fiadas estavam a 9 centímetros umas das outras,

enquanto na P2, em que o mesmo bloco foi utilizado, a média foi de 24,54 kg/m², contudo foi assentado em ½ vez, assim a distância entre as juntas de assentamento horizontal foi de 14 centímetros. A média do índice de geração para a P5 foi 13,5% maior que a média da parede 2.

4.2.3 Massa unitária

Após a realização do ensaio em triplicata, encontraram-se 3 valores de massa unitária por parede para cada ferramenta, totalizando 15 amostras por ferramenta (Quadro 16). O volume do recipiente usado para o cálculo foi de 1,65 litros e a massa de 40,3 gramas.

Quadro 16 – Massa unitária das amostras de laboratório

(continua)

Ferramenta	Amostra	Massa (kg)	Massa unitária (kg/m ³)	Média massa unitária (kg/m ³)	Desvio padrão (kg/m ³)
Fresa	P1	1,874	1139,7	1160,8	20,7
	P1	1,942	1181,1		
	P1	1,910	1161,6		
	P2	1,950	1185,9	1154,9	27,9
	P2	1,886	1147,0		
	P2	1,861	1131,8		
	P3	1,792	1089,8	1092,1	3,4
	P3	1,802	1095,9		
	P3	1,793	1090,5		
	P4	1,805	1097,7	1111,5	17,5
	P4	1,818	1105,7		
	P4	1,860	1131,2		
	P5	1,891	1150,1	1150,7	4,0
	P5	1,899	1154,9		
	P5	1,886	1147,0		
Serra mármore	P1	1,802	1095,9	1058,0	32,9
	P1	1,713	1041,8		
	P1	1,704	1036,3		
	P2	1,771	1077,1	1049,9	32,6
	P2	1,741	1058,8		
	P2	1,667	1013,8		
	P3	1,710	1040,0	1029,8	9,0
	P3	1,682	1022,9		
	P3	1,688	1026,6		
	P4	1,671	1016,2	1056,6	47,3
	P4	1,823	1108,7		
	P4	1,718	1044,8		
	P5	1,812	1102,0	1078,3	20,8
	P5	1,759	1069,8		
	P5	1,748	1063,1		

Talhadeira	P1	1,593	968,8	1012,0	40,7
	P1	1,726	1049,7		
	P1	1,673	1017,5		
	P2	1,670	1015,6	1027,4	12,5
	P2	1,687	1026,0		
	P2	1,711	1040,6		
	P3	1,613	981,0	978,9	20,1
	P3	1,641	998,0		
	P3	1,575	957,8		
	P4	1,724	1048,5	1024,1	47,0
	P4	1,595	970,0		
	P4	1,733	1054,0		
	P5	1,720	1046,0	1043,0	6,9
	P5	1,702	1035,1		
	P5	1,723	1047,9		

Nota-se que os valores da massa unitária são maiores para a fresa, seguidos dos de serra mármore e então talhadeira. Outro ponto a ressaltar é a massa unitária da P3, que se mostrou menor em todos os casos de ferramenta, o que corrobora para a possível justificativa de que os valores do índice de geração de resíduos (item 4.2.2.2) também tenham sido menores em todos os casos (comparando-se os valores entre ferramentas) pela densidade do material.

Na Tabela 12 fez-se uma comparação das médias das massas unitárias por ferramenta, em que as diferenças são mais visíveis.

Tabela 12 – Médias das massas unitárias por ferramenta

Ferramenta	Média das médias massa unitária (kg/m³)	Desvio padrão (kg/m³)
Fresa	1134,0	31,8
Serra mármore	1054,5	31,0
Talhadeira	1017,1	33,7

O valor da média da massa unitária para a ferramenta fresa é 7,5% maior que para a serra mármore e 11,5% maior que para a talhadeira, já a diferença entre a serra mármore e a talhadeira ficou em 3,7%.

4.2.4 Granulometria

Uma forma de justificar os valores das massas unitárias encontradas no Quadro 16 e na Tabela 12 é com a análise granulométrica do resíduo das amostras. Para todas as ferramentas, as últimas amostras de cada parede foram ensaiadas. No Apêndice A estão as 15 tabelas com os dados completos dos ensaios granulométricos.

Na Tabela 13 estão os dados da dimensão máxima característica (DMC) e do módulo de finura calculados a partir do ensaio de granulometria. Com esses dados é possível notar que as amostras de fresa possuem a DMC entre 9,5 e 19 mm, enquanto as amostras de serra mármore e talhadeira a DMC está entre 38 e 76 mm. O módulo de finura, que representa a soma das porcentagens retidas acumuladas em massa do agregado, nas peneiras da série normal, dividida por 100, demonstra que o resíduo é mais grosso para as ferramentas serra mármore e talhadeira.

Tabela 13 – Dimensão máxima característica e módulo de finura dos resíduos

Ferramenta	Amostra	Dimensão máx. característica	Módulo de finura
Fresa	P1F3	9,5 mm	4,07
	P2F3	9,5 mm	3,73
	P3F3	19 mm	4,36
	P4F3	19 mm	4,54
	P5F3	9,5 mm	3,86
Serra Mármore	P1S3	76 mm	7,91
	P2S3	38 mm	7,50
	P3S3	38 mm	7,50
	P4S3	76 mm	7,86
	P5S3	76 mm	7,78
Talhadeira	P1T3	76 mm	7,47
	P2T3	38 mm	7,13
	P3T3	76 mm	7,66
	P4T3	76 mm	7,98
	P5T3	38 mm	6,58

A massa passante acumulada de cada amostra foi calculada e em seguida plotada em um gráfico separadamente por tipo de ferramenta. As curvas granulométricas estão apresentadas no Gráfico 4, Gráfico 5 e Gráfico 6.

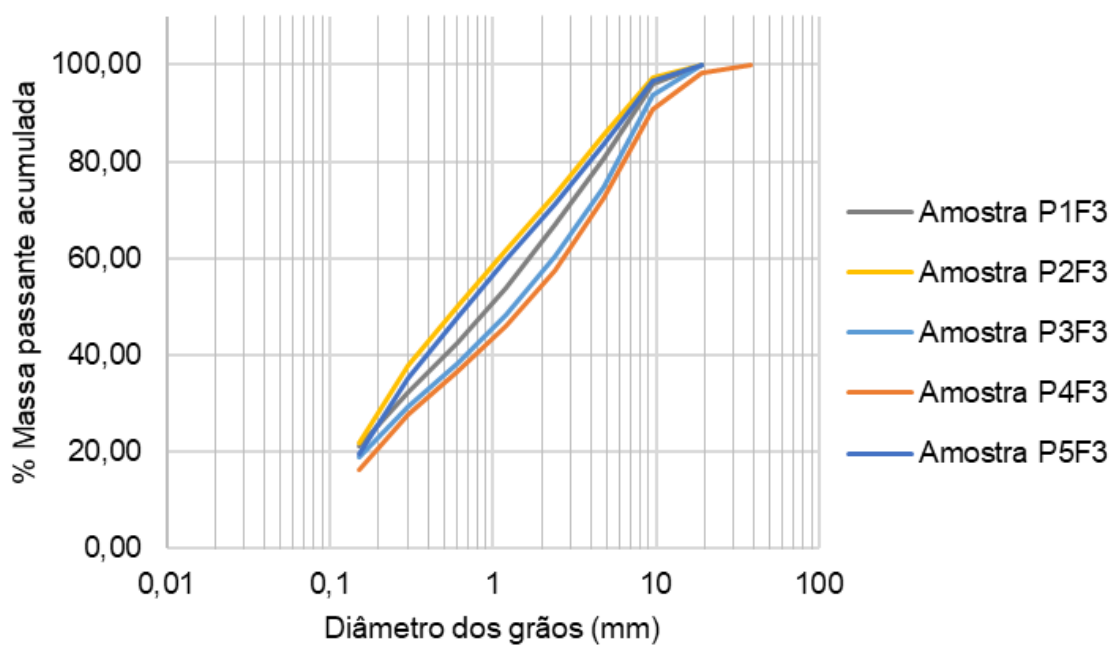


Gráfico 4 – Curva granulométrica das amostras de fresa

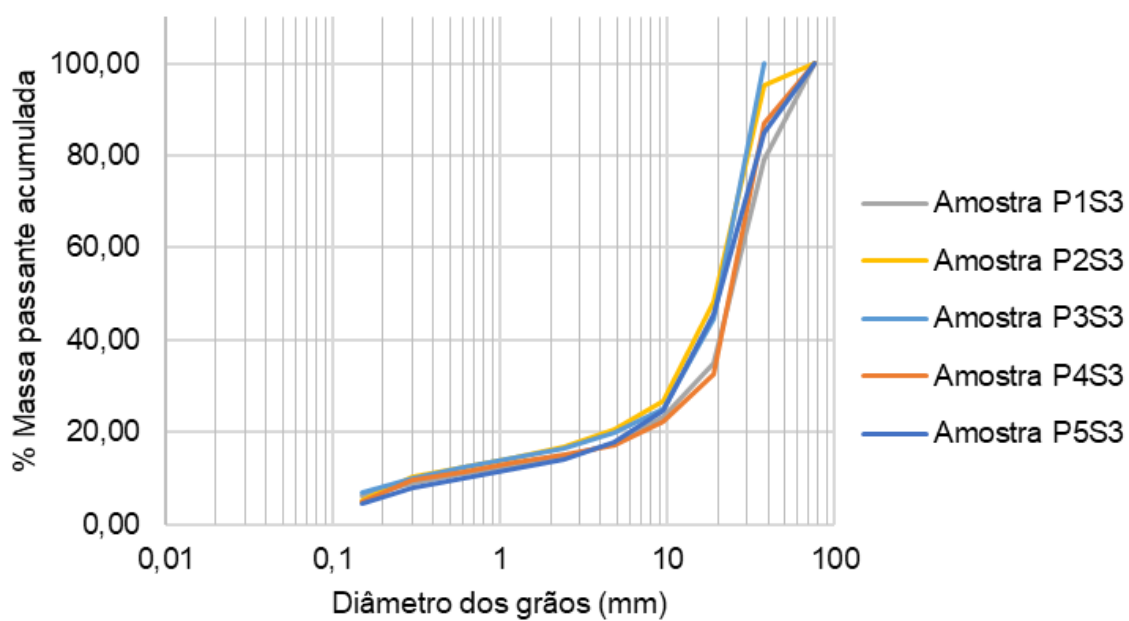


Gráfico 5 – Curva granulométrica das amostras de serra mármore

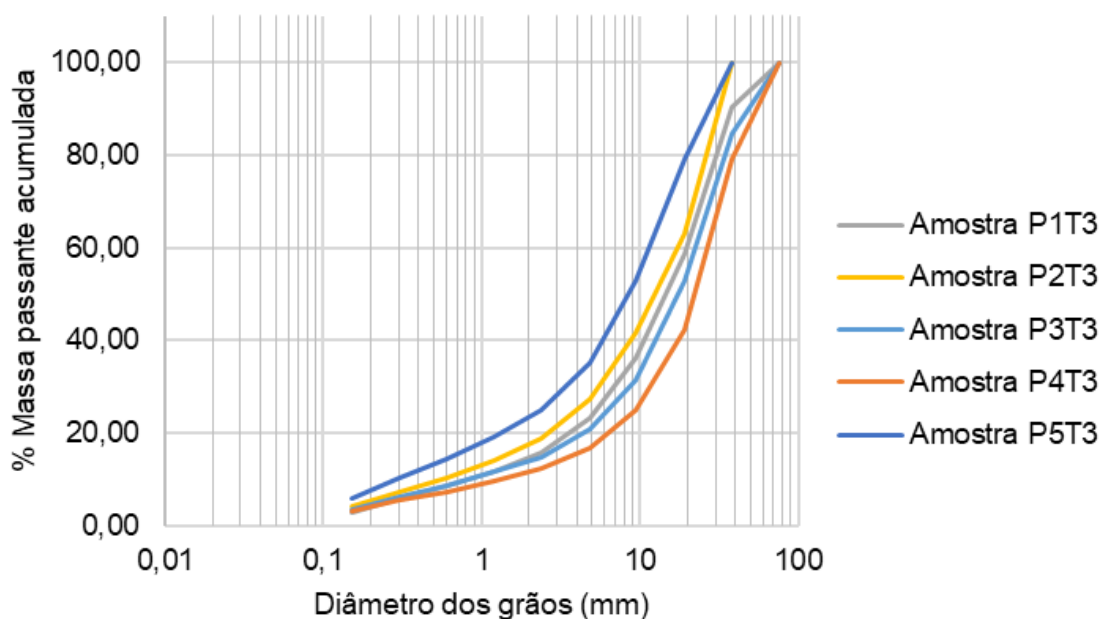


Gráfico 6 – Curva granulométrica das amostras de talhadeira

Com a curva granulométrica, mais uma vez, constata-se que os resíduos da fresa têm maior concentração nas faixas de agregado miúdo considerando o diâmetro dos grãos, sendo que segundo a NBR 7211 (ABNT, 2005), o agregado miúdo é aquele que passa na peneira de 4,8 mm e fica retido na de 0,15 mm e o agregado graúdo passa na peneira de 75 mm e fica retido na peneira de 4,8mm.

As curvas granulométricas da serra mármore e da talhadeira são muito similares e concentram o percentual de resíduos na faixa granulométrica maior, contudo as amostras de serra mármore mostram-se mais similares entre si, se comparadas as amostras de talhadeira.

Com as montagens apresentadas na Figura 34, Figura 35 e Figura 36, pode-se perceber visualmente a diferença granulométrica entre a fresa, serra mármore e talhadeira. As maiores partículas da fresa ficaram retidas na peneira de 9,5 mm, enquanto o resíduo das outras ferramentas ficou retido na peneira de 38 mm.

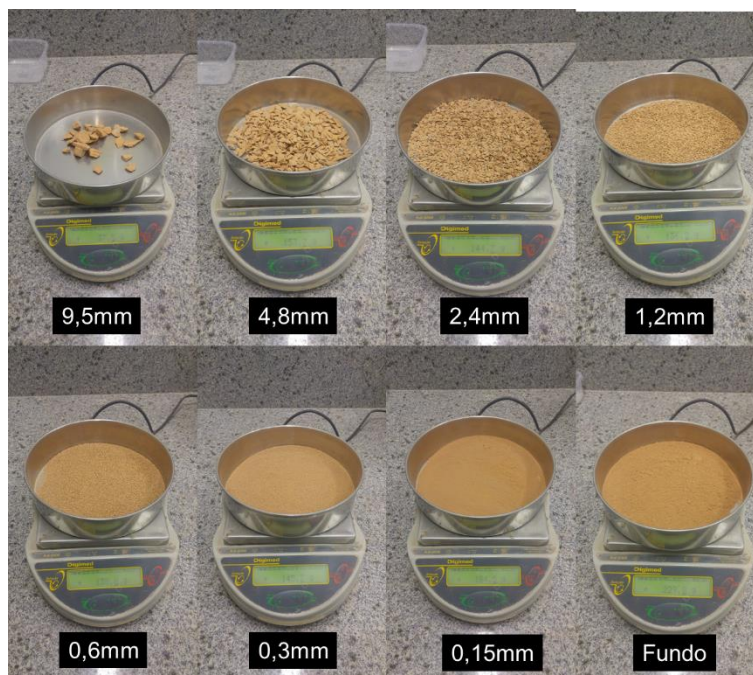


Figura 34 – Composição de amostra de resíduo de fresa

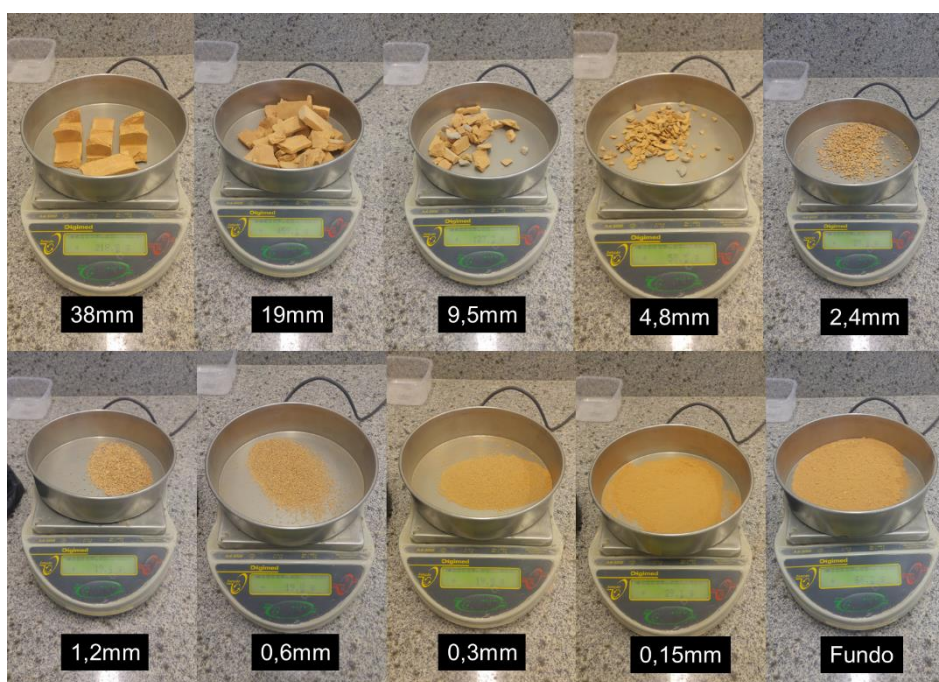


Figura 35 – Composição de amostra de resíduo de serra mármore

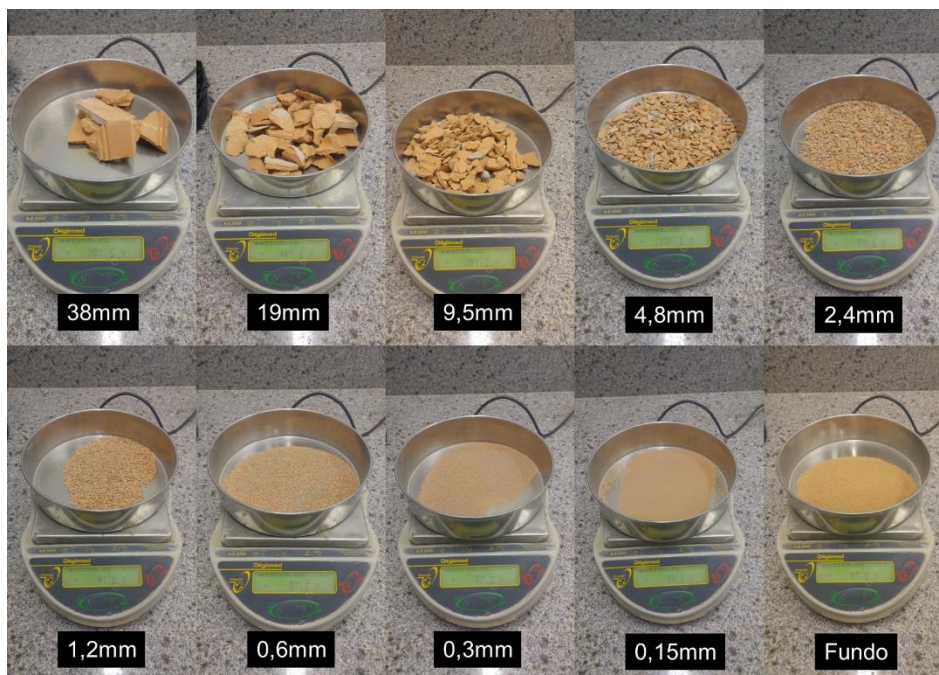


Figura 36 – Composição de amostra de resíduo de talhadeira

Com dados retirados do Apêndice A, verifica-se que as amostras provenientes da fresa são compostas 59,9% pela faixa de composição granulométrica miúda e 20,5% graúda, enquanto as amostras de serra mármore são compostas de 81,4% de agregados graúdos e 13,07% de agregados miúdos e as amostras de talhadeira 75,3% de agregados graúdos e 20,8% de agregados miúdos. Conclui-se que a ferramenta utilizada no rasgo da alvenaria, tem influência sobre a massa unitária do material, devido a quantidade de finos e granulometria do resíduo.

Mesmo que os resíduos de alvenaria estudados contemplem uma larga faixa granulométrica, trabalhos científicos comprovam que este pode ser utilizado como agregado reciclado para confecção de argamassas e concretos, sendo peneirados ou não, assim, enquadram-se nos resíduos de construção civil apresentados nos artigos de Evangelista et al. (2018), Gayarre et al. (2017), Shahidan et al. (2017), Behera et al. (2014), Corinaldesi e Moriconi (2009), Khalaf e Devenny (2004), que analisam a utilização dos RCC's como agregados.

4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Nesta seção serão abordadas as etapas da análise estatística dos dados para a compreensão da relação entre as variáveis. Com essa análise é possível verificar a correlação entre o índice de geração com as variáveis independentes - tipo de ferramenta e tipo de bloco ou parede utilizados, além de sinalizar a distribuição normal e a presença de valores dispersos (*outliers*).

4.3.1 Verificação de normalidade

Foi aplicado o teste estatístico de Shapiro-Wilk sobre a variável dependente (índice de geração), tanto nos dados do estudo piloto quanto nos dados obtidos em laboratório. Lembrando que a normalidade de uma série de dados é requisito para a aplicação da regressão linear.

Para os dados serem considerados normais, na hipótese de 95% de confiança dos valores, o p-valor deve ser maior que 0,05, pois isso indica que a distribuição dos dados não difere significativamente de uma distribuição normal (LOPES et al., 2013).

4.3.1.1 Normalidade para dados obtidos no estudo piloto

Os dados do estudo piloto foram inseridos no *software* estatístico IBM-SPSS para a verificação da normalidade. A variável dependente (índice de geração), foi analisada juntamente com duas variáveis independentes, o tipo de bloco e a ferramenta utilizada. Como mostra a Tabela 14 e a Tabela 15, os valores encontrados de p-valor estão acima de 0,05, assim não se rejeita a hipótese de normalidade para a variável dependente em nenhum dos casos.

Tabela 14 – Teste de normalidade do índice de geração vs bloco (piloto)

	Bloco	Shapiro-Wilk		
		Estatística	nº de amostras	p-valor
Índice de geração (kg/m ²)	11,5x19x24	0,960	4	0,778
	11,5x14x19	0,900	5	0,408
	9x14x19	0,942	5	0,679
	14x19x29	0,945	7	0,686

Tabela 15 – Teste de normalidade do índice de geração vs ferramenta (piloto)

	Ferramenta	Shapiro-Wilk		
		Estatística	nº de amostras	p-valor
Índice de geração (kg/m ²)	Fresa	0,900	8	0,289
	Serra mármore	0,977	10	0,949
	Talhadeira	0,790	3	0,092

Na distribuição empírica dos dados, nenhum dado *outlier* foi presenciado.

4.3.1.2 Normalidade para dados obtidos em laboratório

O mesmo procedimento adotado para a análise do estudo piloto, foi adotado para a análise dos dados obtidos em laboratório. Os resultados estão expostos na Tabela 16 e Tabela 17 e os valores de p-valor estão acima de 0,05, assim não se rejeita a hipótese de normalidade para o índice de geração em nenhum dos casos.

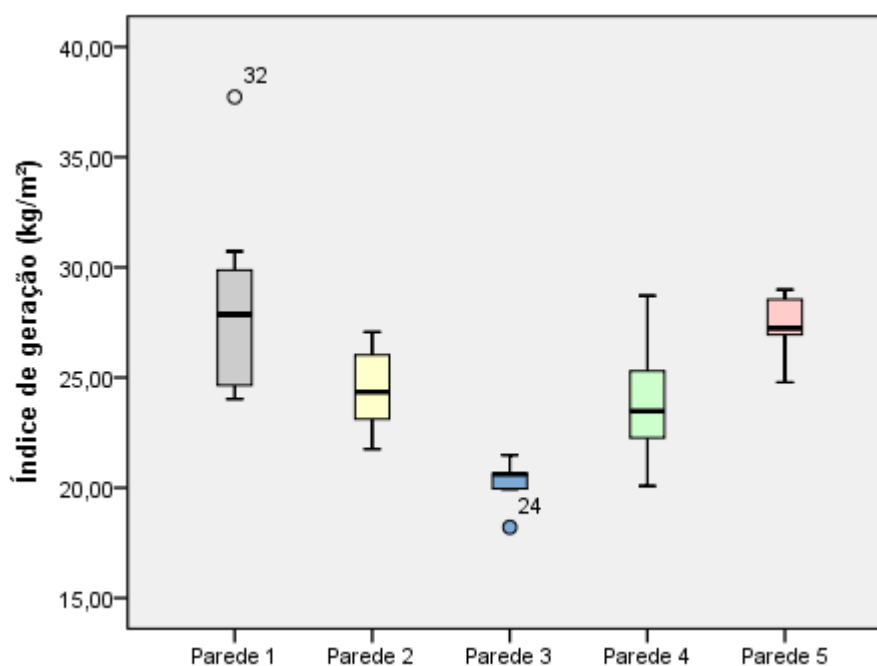
Tabela 16 – Teste de normalidade do índice de geração vs bloco (laboratório)

	Parede	Bloco	Shapiro-Wilk		
			Estatística	nº de amostras	p-valor
Índice de geração (kg/m ²)	P1	11,5x14x24	0,858	9	0,092
	P2	9x14x19	0,954	9	0,733
	P3	14x19x29	0,850	9	0,075
	P4	9x19x29	0,981	9	0,971
	P5	9x14x19	0,901	9	0,255

Tabela 17– Teste de normalidade do índice de geração vs ferramenta (laboratório)

	Ferramenta	Shapiro-Wilk		
		Estatística	nº de amostras	p-valor
Índice de geração (kg/m ²)	Fresa	0,928	15	0,256
	Serra mármore	0,963	15	0,738
	Talhadeira	0,940	15	0,382

Contudo, diferente dos dados do estudo piloto, na distribuição empírica dos dados obtidos em laboratório, o *software* IBM-SPSS identificou 2 dados discrepantes (*outliers*). O gráfico *boxplot* (Gráfico 7), que é utilizado para avaliar visualmente a distribuição empírica dos dados, sinaliza que os dados da linha 32 (amostra P1T2) e linha 24 (amostra P3S3) da entrada de dados são espúrios, podendo prejudicar a análise de regressão linear.

Gráfico 7 – *Boxplot* da variável dependente vs parede

A amostra P1T2, resultou no maior índice de geração das amostras e a amostra P3S3 no menor índice. Após análise dos vídeos do processo de corte dos raios, para tentar compreender o que levou esses dados serem considerados discrepantes, percebeu-se que para a amostra da parede 1, um pedaço de argamassa de dimensões consideráveis se despreendeu da parede após o eletricista raspar a parede

com a talhadeira, já no final da execução do rasgo. Para a amostra da parede 3 não se encontrou nenhuma irregularidade na análise dos vídeos.

No Gráfico 7 verifica-se que os dados da parede 3 se distinguem visivelmente das demais paredes. A relação entre as variáveis independentes também será analisada para verificar a possibilidade de exclusão de amostras completas que estejam inconsistentes com as demais e impliquem prejuízo a interpretação dos resultados.

4.3.2 Análise paramétrica dos grupos de dados

A análise paramétrica serve para comparar as variáveis independentes e verificar se pelo ponto de vista estatístico, existe diferença entre elas. Na hipótese de 95% de confiança dos valores, o p-valor deve ser maior que 0,05, pois isso indica que os grupos não apresentam diferença significativa para o valor da variável dependente (LOPES et al., 2013; FERREIRA, PATINO, 2015).

Verificaram-se os grupos de ferramenta e os grupos de paredes/blocos separadamente com relação ao índice de geração (variável dependente), já excluídos os dados espúrios. Utilizou-se o teste de variância (ANOVA), que é indicada para 3 ou mais grupos de dados.

4.3.2.1 Análise paramétrica da variável independente “tipo ferramenta”

Na análise paramétrica utilizando ANOVA, o *software* IBM-SPSS realiza também uma análise descritiva dos dados, em que se observam os valores máximos e mínimos de cada grupo, além das médias e desvios padrão e limites do intervalo de confiança para a média.

Os dados do estudo piloto estão apresentados na Tabela 18 e na Tabela 19.

Tabela 18 – Análise descritiva entre o índice de geração e o tipo de ferramenta (piloto)

	N	Média (kg/m ²)	Desvio padrão (kg/m ²)	Erro padrão	Intervalo de confiança de 95% para média			
					Limite inferior (kg/m ²)	Limite superior (kg/m ²)	Mínimo (kg/m ²)	Máximo (kg/m ²)
Fresa	8	26,9900	2,17313	0,76832	25,1732	28,8068	23,00	29,65
Serra mármore	10	27,7900	1,92905	0,61002	26,4100	29,1700	24,33	30,89
Talhadeira	3	29,7267	3,01437	1,74035	22,2386	37,2148	26,25	31,61
Total	21	27,7619	2,24808	0,49057	26,7386	28,7852	23,00	31,61

Tabela 19 – Análise ANOVA entre o índice de geração e o tipo de ferramenta (piloto)

	ANOVA				
	Soma dos Quadrados	df	Média dos Quadrados	F	p-valor
Entre Grupos	21,654	2	10,827	1,145	0,328
Nos grupos	378,210	40	9,455		
Total	399,864	42			

O teste ANOVA resultou em um p-valor maior que 0,05, o que significa que o índice de geração não tem diferença significativa entre os grupos de ferramenta.

Na Tabela 20 está exposta a análise descritiva dos dados obtidos em laboratório relacionando o índice de geração com o tipo de ferramenta. Essa tabela demonstra a semelhança entre os mínimos e máximos valores para o índice de geração de resíduos para as três ferramentas apresentadas.

Tabela 20 – Análise descritiva entre o índice de geração e o tipo de ferramenta (laboratório)

	N	Média (kg/m ²)	Desvio padrão (kg/m ²)	Erro padrão	Intervalo de confiança de 95% para média			
					Limite inferior (kg/m ²)	Limite superior (kg/m ²)	Mínimo (kg/m ²)	Máximo (kg/m ²)
Fresa	15	24,8493	2,83800	0,73277	23,2777	26,4210	19,96	28,99
Serra mármore	14	23,8200	2,73390	0,73066	22,2415	25,3985	20,08	28,74
Talhadeira	14	25,5693	3,59793	0,96159	23,4919	27,6467	19,94	30,73
Total	43	24,7486	3,08554	0,47054	23,7990	25,6982	19,94	30,73

O teste ANOVA (Tabela 21) resultou em um p-valor maior que 0,05, o que significa que o índice de geração também não tem diferença significativa entre os grupos de ferramenta para os dados obtidos em laboratório.

Tabela 21 – Análise ANOVA entre o índice de geração e o tipo de ferramenta (laboratório)

	ANOVA				
	Soma dos Quadrados	df	Média dos Quadrados	F	p-valor
Entre Grupos	21,654	2	10,827	1,145	,328
Nos grupos	378,210	40	9,455		
Total	399,864	42			

4.3.2.2 Análise paramétrica da variável independente “tipo de bloco”

Os mesmos procedimentos aplicados para a variável independente “ferramenta”, foram aplicados na variável independente “tipo de bloco”. A análise descritiva dos dados obtidos nas obras está apresentada na Tabela 22. Com isso, considera-se que os dados obtidos no estudo piloto têm forte relação entre si e não possuem diferenças significativas do índice de geração de resíduos se considerados os grupos de ferramentas utilizados, ou o tipo de bloco analisado.

Tabela 22 – Análise descritiva entre o índice de geração e o tipo de bloco (piloto)

Tipo de bloco	N	Média (kg/m ²)	Desvio padrão (kg/m ²)	Erro padrão	Intervalo de confiança de 95% para média		Mínimo (kg/m ²)	Máximo (kg/m ²)
					Limite inferior (kg/m ²)	Limite superior (kg/m ²)		
11,5x19x24	4	27,2025	2,08297	1,04148	23,8880	30,5170	24,56	29,65
11,5x14x19	5	27,2820	2,21155	0,98904	24,5360	30,0280	24,33	29,60
9x14x19	5	28,2980	1,68423	0,75321	26,2068	30,3892	26,32	30,89
14x19x29	7	28,0414	2,96544	1,12083	25,2989	30,7840	23,00	31,61
Total	21	27,7619	2,24808	0,49057	26,7386	28,7852	23,00	31,61

Constatou-se que para as amostras do estudo piloto, não existe diferença significativa entre os grupos do “tipo de bloco” com o índice de geração de resíduo, uma vez que o p-valor resultou em um número maior do que 0,05 (Tabela 23).

Tabela 23 – Análise ANOVA entre o índice de geração e o tipo de bloco (piloto)

	ANOVA				
	Soma dos Quadrados	df	Média dos Quadrados	F	p-valor
Entre Grupos	4,387	3	1,462	0,257	0,855
Nos grupos	96,690	17	5,688		
Total	101,077	20			

A Tabela 24 expõe os resultados da análise descritiva com relação ao índice de geração e o tipo de bloco utilizado das amostras coletadas em laboratório e a Tabela 25, apresenta os resultados do teste ANOVA.

Tabela 24 – Análise descritiva entre o índice de geração e o tipo de bloco (laboratório)

Tipo de bloco	N	Média (kg/m ²)	Desvio padrão (kg/m ²)	Erro padrão	Intervalo de confiança de 95% para média		Mínimo (kg/m ²)	Máximo (kg/m ²)	
					Limite inferior (kg/m ²)	Limite superior (kg/m ²)			
P1	11,5x14x24	8	26,8938	2,72057	0,96187	24,6193	29,1682	24,02	30,73
P2	9x14x19	9	24,5400	1,88487	0,62829	23,0912	25,9888	21,75	27,07
P3	14x19x29	8	20,5725	0,49618	0,17543	20,1577	20,9873	19,94	21,48
P4	9x19x29	9	24,0778	2,71568	0,90523	21,9903	26,1652	20,08	28,71
P5	9x14x19	9	27,4333	1,28767	0,42922	26,4435	28,4231	24,78	28,99
Total		43	24,7486	3,08554	0,47054	23,7990	25,6982	19,94	30,73

Tabela 25 – Análise ANOVA entre o índice de geração e o tipo de bloco (laboratório)

ANOVA					
	Soma dos Quadrados	df	Média dos Quadrados	F	p-valor
Entre Grupos	245,644	4	61,411	15,132	0,000
Nos grupos	154,220	38	4,058		
Total	399,864	42			

Nota-se que o p-valor se igualou a zero, isso demonstra que os grupos de blocos (paredes) diferem entre si com relação ao índice de geração. Para encontrar quais pares de grupos divergem entre si foi preciso fazer um pós-teste estatístico.

4.3.2.2.1 Teste de Bonferroni

O teste de *Bonferroni* busca comparar os grupos de amostras em pares para sinalizar aqueles que possuem diferenças significativas entre si (HALL et al., 2011). Neste caso, serão identificados os grupos dos tipos de blocos (paredes) utilizados no experimento em laboratório em que as médias têm ou não relação entre si, levando-se em conta o índice de geração de resíduos proveniente deles.

Após o programa estatístico analisar os dados, obteve-se a Tabela 26, com os resultados do pós-teste de Bonferroni. Nas primeiras 4 linhas dos resultados a parede 1 é relacionada com todas as outras paredes, em seguida a parede 2 é relacionada com todos os outros tipos de parede e assim por diante.

Os valores com asterisco na coluna de diferença de média, sinalizam que o p-valor está abaixo de 0,05 e assim mostra-se que determinada parede não tem ligação com outra. Analisando os resultados de p-valor abaixo de 0,05, nota-se que a Parede 3 não tem relação estatística significativa com nenhum outro tipo de parede, o que já era esperado depois da análise do Gráfico 7 e dos valores das médias por parede calculadas.

Tabela 26 – Pós-teste de Bonferroni

Tipo de parede		Diferença média (I-J)	Erro padrão	p-valor	Intervalo de confiança 95%	
					Limite inferior	Limite superior
Parede 1	Parede 2	2,35375	0,97890	,212	-,5636	5,2711
	Parede 3	6,32125*	1,00728	,000	3,3193	9,3232
	Parede 4	2,81597	0,97890	,066	-,1014	5,7334
	Parede 5	-,53958	0,97890	1,000	-3,4570	2,3778
Parede 2	Parede 1	-2,35375	0,97890	,212	-5,2711	,5636
	Parede 3	3,96750*	0,97890	,002	1,0501	6,8849
	Parede 4	,46222	0,94967	1,000	-2,3681	3,2925
	Parede 5	-2,89333*	0,94967	,042	-5,7236	-,0630
Parede 3	Parede 1	-6,32125*	1,00728	,000	-9,3232	-3,3193
	Parede 2	-3,96750*	0,97890	,002	-6,8849	-1,0501
	Parede 4	-3,50528*	0,97890	,010	-6,4227	-,5879
	Parede 5	-6,86083*	0,97890	,000	-9,7782	-3,9434
Parede 4	Parede 1	-2,81597	0,97890	,066	-5,7334	,1014
	Parede 2	-,46222	0,94967	1,000	-3,2925	2,3681
	Parede 3	3,50528*	0,97890	,010	,5879	6,4227
	Parede 5	-3,35556*	0,94967	,011	-6,1858	-,5253
Parede 5	Parede 1	,53958	0,97890	1,000	-2,3778	3,4570
	Parede 2	2,89333*	0,94967	,042	,0630	5,7236
	Parede 3	6,86083*	0,97890	,000	3,9434	9,7782
	Parede 4	3,35556*	0,94967	,011	,5253	6,1858

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

** . P1 (11,5x14x24), P2 (9x14x19), P3 (14x19x29), P4 (9x19x29), P5 (9x14x19)

Optou-se por desconsiderar os valores encontrados na Parede P3, assentada com bloco de 14x19x24 na obtenção da média final que relaciona o estudo piloto e de laboratório, visto que os dados de P3 não têm correlação com as demais paredes

estatisticamente, o que sugere que o bloco utilizado estava fora do padrão de densidade dos outros blocos utilizados nesse estudo.

4.3.3 Correlação entre os dados do estudo piloto e laboratório

4.3.3.1 Massa unitária

Ao compararem-se os dados da massa unitária, percebe-se que tanto no estudo piloto quanto no estudo em laboratório a ferramenta fresa apresentou a maior massa unitária, seguida pela serra mármore e pela talhadeira. A diferença das massas unitárias dos resíduos entre ferramentas pode ser vista na Tabela 27.

Tabela 27 – Correlação entre os dados de massa unitária

Ferramenta	Média massa unitária (kg/m ³)	Desvio padrão (kg/m ³)	Diferença (%)
Fresa - laboratório	1134,0	31,8	4,00%
Fresa - piloto	1090,4	14,5	
Serra mármore - laboratório	1054,5	31,0	4,65%
Serra mármore - piloto	1007,7	20,0	
Talhadeira - laboratório	1017,1	33,7	11,96%
Talhadeira - piloto	908,4	-	

Os dados obtidos no estudo piloto foram coletados sem o controle de larguras ou do tipo de bloco empregado no assentamento, diferentemente do estudo em laboratório, em que todas as amostras de cada ferramenta passaram pelo mesmo processo e tinham como objetivo de largura final os 3,5 cm propostos.

O menor dado de massa unitária foi do resíduo da ferramenta talhadeira, das amostras do estudo piloto, em que a média das larguras dos rasgos foi de 10 cm (vide Quadro 7), enquanto a média das larguras dos rasgos de talhadeira no estudo em laboratório foi de 4,6 cm (vide Tabela 11). O fato pode estar relacionado ao tamanho do resíduo gerado no estudo piloto.

Comparando-se as massas unitárias obtidas neste estudo com valores obtidos por outros autores, percebe-se que as massas unitárias da fresa e serra mármore se aproximam de alguns valores relatados na Tabela 28 para a massa unitária de agregados provenientes de RCC.

Tabela 28 – Massa unitária de agregados reciclados de RCC

Autores	Massa unitária agregados (kg/m ³)		
	Agregados reciclados de cerâmica vermelha	Fração miúda de RCC	fração graúda de RCC
Brito et al. (2005)	1160,0		
Tanaka et al. (2010)	1260,0		
Leite (2001)		1210,0	1120,0
Lovato et al. (2012)		1390,0	1067,0
Frotte et al. (2017)		1425,0	
Araújo (2014)		1230,0	
Zordan (1997)		1410,0	1090,0
Liu et al. (2011)			1165,0

A fração graúda tem os menores valores de massa unitária, enquanto a fração miúda tem os maiores valores.

4.3.3.2 Índice de geração de resíduos – análise estatística

Na análise estatística do estudo piloto nenhum dos dados foi considerado *outlier*, já no estudo em laboratório decidiu-se excluir os dados considerados *outliers* e discrepantes para a então comparação estatística entre todas as amostras coletadas.

Ao todo, 56 amostras foram inseridas no *software* IBM-SPSS, tanto as coletadas nas obras na fase do estudo piloto, quanto as coletadas em laboratório, sem distinção. Foram agrupados os valores do índice de geração de resíduos para os mesmos tipos de bloco. As etapas do teste estatístico seguiram a ordem dos itens 4.3.1 e 4.3.2.

O teste de normalidade das amostras com relação ao tipo de bloco (Tabela 29) utilizado e ao tipo de ferramenta (Tabela 30) utilizados resultaram em um p-valor $>0,05$, o que sinaliza que os dados são normais.

Tabela 29 – Teste de normalidade do índice de geração vs bloco (piloto + laboratório)

	Shapiro-Wilk			
	Bloco	Estatística	nº de amostras	p-valor
Índice de geração (kg/m ²)	11,5x14x24	0,875	8	0,170
	9x19x29	0,981	9	0,971
	14x9x19	0,901	9	0,255
	11,5x19x24	0,96	4	0,778
	11,5x14x19	0,9	5	0,408
	9x14x19	0,981	14	0,980
	14x19x29	0,945	7	0,686

Tabela 30 – Teste de normalidade do índice de geração vs ferramenta (piloto + laboratório)

	Shapiro-Wilk			
	Ferramenta	Estatística	nº de amostras	p-valor
Índice de geração (kg/m ²)	Fresa	0,953	20	0,407
	Serra mármore	0,970	22	0,713
	Talhadeira	0,968	14	0,843

A análise paramétrica também foi feita tanto para o tipo de ferramenta quanto para o tipo de bloco. A Tabela 31 com a análise da variância mostra, novamente, que o tipo de ferramenta não influencia significativamente no índice de geração de resíduos (p-valor $>0,05$).

Tabela 31 – Análise ANOVA entre o índice de geração e o tipo de ferramenta (piloto + laboratório)

ANOVA					
	Soma dos Quadrados	df	Média dos Quadrados	F	p-valor
Entre Grupos	25,289	2	12,645	1,871	0,164
Nos grupos	358,149	53	6,758		
Total	383,439	55			

Já na análise ANOVA da correlação do tipo de bloco com o índice, o p-valor ficou abaixo de 0,05, o que mostra que algum grupo analisado está influenciando significativamente no índice de geração, pois não deve apresentar relação com todos

os outros grupos. Resultado este que implica no teste de *Bonferroni*, para verificação de quais grupos não combinam entre si (Tabela 32).

Tabela 32 – Análise ANOVA entre o índice de geração e o tipo de bloco (piloto + laboratório)

ANOVA					
	Soma dos Quadrados	df	Média dos Quadrados	F	p-valor
Entre Grupos	88,858	6	14,810	2,463	0,037
Nos grupos	294,580	49	6,012		
Total	383,439	55			

Como o p-valor se aproximou de 0,05, esperou-se que a maioria dos grupos de tipo de bloco se correlacionassem uns com os outros, contudo alguma diferença significativa entre grupos deveria existir. Com o teste *Bonferroni* foi confirmado que apenas duas correlações, das 42 possíveis, entre os tipos de blocos, tinham diferenças significativas entre si (Tabela 33).

Tabela 33 – Pós-teste de *Bonferroni* (piloto + laboratório)

						(continua)
						Intervalo de confiança 95%
Tipo de parede		Diferença média (I-J)	Erro padrão	p-valor	Limite inferior	Limite superior
9x14x19	11,5x14x24	-1,01161	1,08669	1,000	-4,4939	2,4707
	9x19x29	1,80437	1,04757	1,000	-1,5526	5,1613
	14x9x19	-1,55119	1,04757	1,000	-4,9082	1,8058
	11,5x19x24	-1,32036	1,39010	1,000	-5,7750	3,1343
	11,5x14x19	-1,39986	1,27741	1,000	-5,4934	2,6936
	14x19x29	-2,15929	1,13501	1,000	-5,7965	1,4779
9x19x29	11,5x14x24	-2,81597	1,19141	,464	-6,6339	1,0019
	14x9x19	-3,35556	1,15584	,116	-7,0595	,3484
	11,5x19x24	-3,12472	1,47341	,820	-7,8463	1,5969
	11,5x14x19	-3,20422	1,36761	,488	-7,5868	1,1783
	9x14x19	-1,80437	1,04757	1,000	-5,1613	1,5526
	14x19x29	-3,96365*	1,23564	,050	-7,9233	-,0040
11,5x14x19	11,5x14x24	,38825	1,39780	1,000	-4,0910	4,8675
	9x19x29	3,20422	1,36761	,488	-1,1783	7,5868
	14x9x19	-,15133	1,36761	1,000	-4,5339	4,2312
	11,5x19x24	,07950	1,64479	1,000	-5,1913	5,3503
	9x14x19	1,39986	1,27741	1,000	-2,6936	5,4934
	14x19x29	-,75943	1,43569	1,000	-5,3601	3,8413
11,5x14x24	9x19x29	2,81597	1,19141	0,464	-1,0019	6,6339
	14x9x19	-0,53958	1,19141	1,000	-4,3575	3,2783
	11,5x19x24	-,30875	1,50148	1,000	-5,1203	4,5028

						(conclusão)
	11,5x14x19	-,38825	1,39780	1,000	-4,8675	4,0910
	9x14x19	1,01161	1,08669	1,000	-2,4707	4,4939
	14x19x29	-1,14768	1,26898	1,000	-5,2142	2,9188
11,5x19x24	11,5x14x24	,30875	1,50148	1,000	-4,5028	5,1203
	9x19x29	3,12472	1,47341	,820	-1,5969	7,8463
	14x9x19	-,23083	1,47341	1,000	-4,9524	4,4908
	11,5x14x19	-,07950	1,64479	1,000	-5,3503	5,1913
	9x14x19	1,32036	1,39010	1,000	-3,1343	5,7750
	14x19x29	-,83893	1,53681	1,000	-5,7637	4,0858
14x9x19	11,5x14x24	0,53958	1,19141	1,000	-3,2783	4,3575
	9x19x29	3,35556	1,15584	0,116	-0,3484	7,0595
	11,5x19x24	0,23083	1,47341	1,000	-4,4908	4,9524
	11,5x14x19	0,15133	1,36761	1,000	-4,2312	4,5339
	9x14x19	1,55119	1,04757	1,000	-1,8058	4,9082
	14x19x29	-0,60810	1,23564	1,000	-4,5678	3,3516
14x19x29	11,5x14x24	1,14768	1,26898	1,000	-2,9188	5,2142
	9x19x29	3,96365*	1,23564	,050	,0040	7,9233
	14x9x19	,60810	1,23564	1,000	-3,3516	4,5678
	11,5x19x24	,83893	1,53681	1,000	-4,0858	5,7637
	11,5x14x19	,75943	1,43569	1,000	-3,8413	5,3601
	9x14x19	2,15929	1,13501	1,000	-1,4779	5,7965

*. A diferença média é significativa no nível 0.05.

Conclui-se que, o tipo de bloco cerâmico utilizado, pode até influenciar no índice de geração de resíduo em alguns casos, contudo essa influência é pequena (considerando os grupos de blocos analisados), visto que nos únicos grupos que mostraram diferença significativa entre si, o p-valor é de 0,05.

O processo de queima, a densidade da massa da argila, a quantidade de argamassa entre camadas, todos esses fatores, em situações fora da curva, podem influenciar no índice de geração de resíduo do rasgo nas paredes de alvenaria, contudo, valores extremos para a estatística de teste são esperados em menos de 5% das vezes, para este estudo em que o nível de confiança é de 95%.

Na análise de regressão se confirmará a hipótese de que o tipo de ferramenta utilizada e o tipo de bloco utilizado não influenciam diretamente no índice de geração de resíduos. Os grupos das variáveis independentes (bloco e ferramenta) podem influenciar no tempo de execução do rasgo, na qualidade de execução do rasgo, na quantidade de resíduo gerado (a ferramenta talhadeira abre rasgos menos precisos,

com larguras maiores, por exemplo), porém não influenciam no índice de geração que leva em consideração a área do rasgo na parede.

A análise de regressão possibilita desenvolver um modelo para prever valores de uma variável numérica com base em valores de outras variáveis e analisar se as variáveis independentes influenciam no índice de geração individualmente, sem levar em consideração a relação entre grupos (MAROCO, 2011).

Fez-se a análise de regressão linear do índice de geração e tanto com relação a ferramenta utilizada quando ao tipo de bloco utilizado o p-valor foi maior que 0,05 (Tabela 34).

Com a regressão linear comprovou-se que o tipo de bloco e o tipo de ferramentas utilizados no rasgo de alvenaria para instalações elétricas, não tem influência significativa no índice de geração de resíduos calculados na unidade de peso por área (kg/m²).

Tabela 34 – Valores de p-valor para a regressão linear

	p-valor
(Constante)	0,000
Ferramenta utilizada	0,250
Parede	0,458

O histograma apresentado no Gráfico 8 mostra a distribuição de frequências do índice de geração e pode-se perceber a distribuição gaussiana.

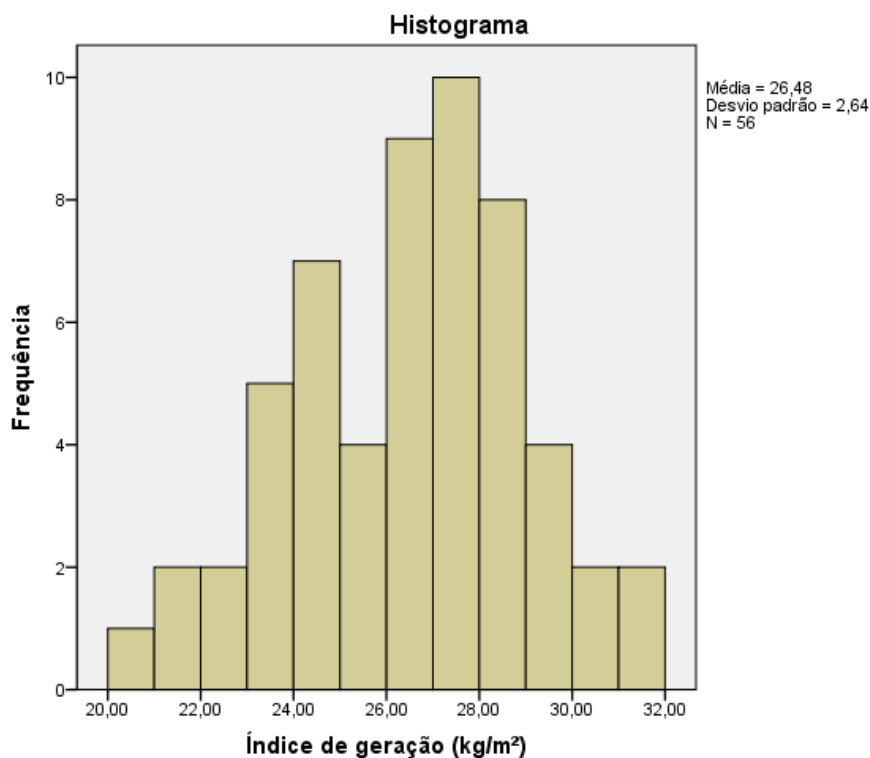


Gráfico 8 – Histograma de frequências para o índice de geração

A frequência dos valores do índice de geração concentra-se entre 23 kg/m² e 29 kg/m², sendo os valores entre 26 kg/m² e 29 kg/m² com mais incidências.

4.4 ÍNDICE DE GERAÇÃO CALCULADO

Após as considerações feitas nas sessões anteriores, prosseguiu-se para o cálculo do índice de geração proposto para este trabalho. Visto que os valores obtidos nas obras e em laboratório têm distribuição normal e se relacionam entre si, o índice calculado leva em consideração ambos montantes de amostras, tanto do estudo piloto quanto do estudo em laboratório.

O cálculo foi feito a partir da média e desvio padrão e foi considerado o limite de confiança de 95% para a determinação dos limites, como mostrado na Tabela 35.

Tabela 35 – Tabela dos valores descritivos para cálculo das médias

Descritivos			Estatística
Índice de geração (kg/m ²)	Média		26,475
	Intervalo de confiança de 95% para média	Limite inferior	25,768
		Limite superior	27,182
	Mediana		26,890
	Variação		6,972
	Desvio padrão		2,640
	Mínimo		20,08
	Máximo		31,61

Com a análise desta tabela, pode-se concluir que o índice de geração de resíduos encontrado é de 26,5 kg/m² com desvio padrão de 2,6 kg/m² de rasgos executados em paredes de bloco cerâmico. Os limites do intervalo de confiança de 95% vão de 25,8 kg/m² até 27,2 kg/m². Das 56 amostras utilizadas para realizar a avaliação descritiva o menor valor do índice foi de 20,1 kg/m² e o maior de 31,6 kg/m².

Reitera-se que devido a limitações do modelo, o índice encontrado é válido para a instalação de eletrodutos e caixas de luz que não ultrapassem a profundidade do primeiro furo de blocos cerâmicos.

4.5 APLICAÇÃO DOS RESULTADOS EM UM ESTUDO DE CASO

Para a aplicação dos valores e índices encontrados neste trabalho, parte do projeto elétrico de um edifício residencial de 22 andares com 4 apartamentos de 105 m² por andar foi feito e analisado (Figura 37).

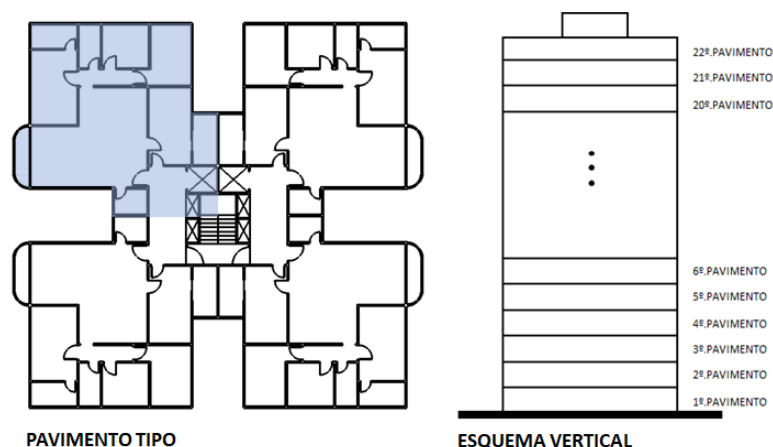


Figura 37 – Planta do pavimento tipo e esquema vertical do edifício do apartamento estudado

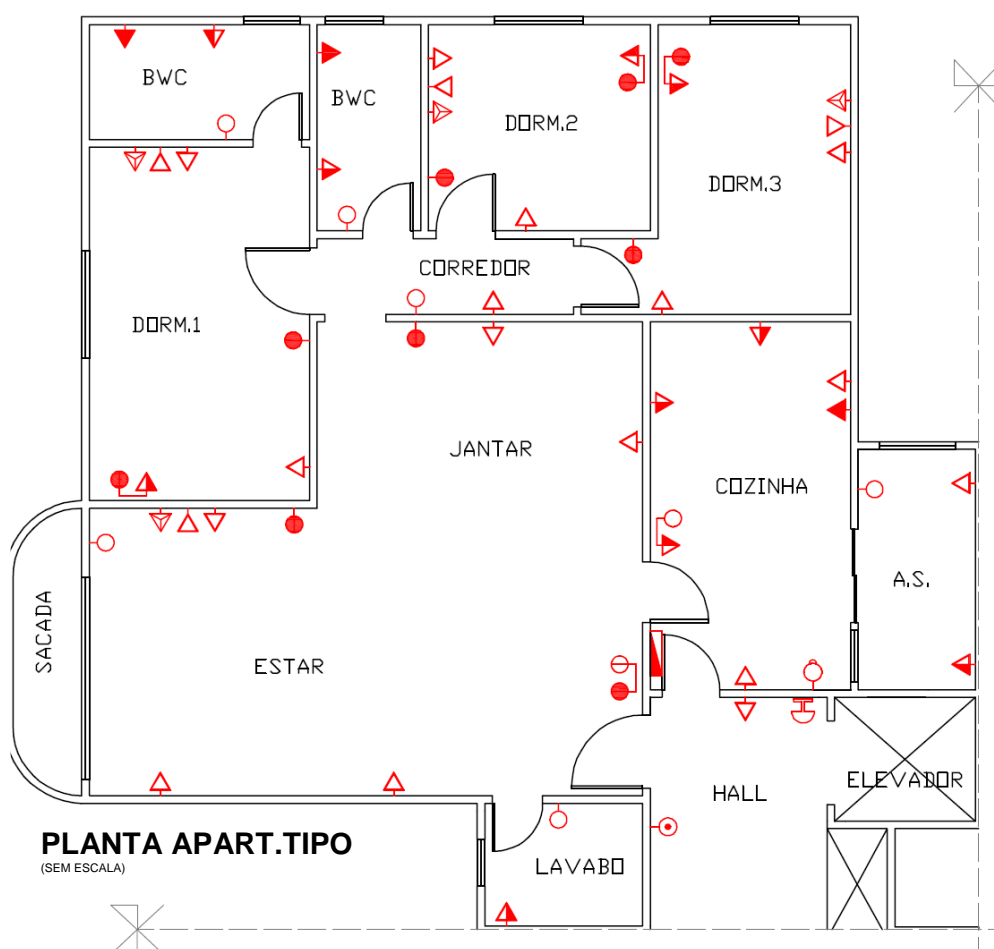
Para o cálculo da quantidade de resíduo gerado, do tempo gasto e do volume total de resíduos foi utilizado o índice de geração de resíduo apresentado no item 4.4, a massa unitária foi retirada da Tabela 12 em que as amostras foram coletadas no estudo em laboratório e o tempo retirado do Gráfico 2. Para o cálculo do custo do eletricitista por metro de rasgo foi levada em consideração a tabela do Sindicato dos Trabalhadores nas Indústrias da Construção Civil, de Olarias e Cerâmicas de Curitiba e Região Metropolitana (SITRACON, 2017) (Quadro 17).

Quadro 17 – Valores adotados no estudo de caso

Índice de geração de resíduo (kg/m ²)	Todas as ferramentas	26,5
Massa unitária (kg/m ³)	Fresa	1134,0
	Serra mármore	1054,5
	Talhadeira	1017,1
Tempo de execução do rasgo (hh:mm:ss/m)	Fresa	00:00:19
	Serra mármore	00:01:54
	Talhadeira	00:04:15
Valor mão de obra (R\$/h) (SINTRACON, 2017)	Eletricista	8,23

O eletroduto utilizado é de 32 mm de diâmetro externo e a espessura de rasgo é de 3,5 cm tanto para a fresa quanto para a serra mármore. Para talhadeira acrescentou-se 31% de majoração no valor da largura devido à falta de precisão de execução do rasgo (Item 4.2.2.2). No tempo de execução dos rasgos, não foram considerados o tempo de marcação do rasgo, descanso do eletricitista ou de limpeza do resíduo.

Os pontos do projeto elétrico do apartamento padrão, o quadro de símbolos segundo a NBR 5444 (ABNT, 1989) e a perspectiva com o exemplo das alturas dos pontos estão expostos na Figura 38. O pé direito considerado é de 2,80 m e a área analisada é de ¼ do pavimento, sendo a área do apartamento somada a área de parte do hall (aproximadamente 113 m²).



PLANTA APART.TIPO
(SEM ESCALA)

LEGENDA

	Interruptor simples - h=130cm
	Interruptor simples 2 teclas - h=130cm
	Interruptor paralelo - h=130cm
	Tomada universal - baixa - h=30cm
	Tomada universal - média - h=130cm
	Tomada universal - alta - h=200cm
	Saída telefone - h=30cm
	Interruptor paralelo + Tomada
	TV a cabo - h=30cm
	Tecla da campainha - h=130cm
	Campainha - h=230cm
	Sensor de presença - h=230cm
	Quadro distribuição geral - h=160cm

PERSPECTIVA

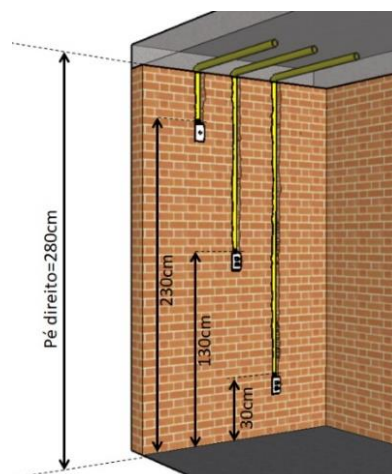


Figura 38 – Projeto elétrico do apartamento tipo

O primeiro cálculo é referente as áreas de rasgo tanto para as caixas de luz, quanto para os eletrodutos (Tabela 36 e Tabela 37). Ao todo são 42 caixas de luz de 4x2 polegadas (equivalente a 5x10 cm) e 5 pontos de 4x4 polegadas (equivalente a 10x10 cm).

Tabela 36 – Cálculo da área das caixas de luz

Caixas de luz	Largura do rasgo (m)	Altura do rasgo (m)	Área do rasgo (m ²)	Quantidade (un)	Área total (m ²)
4x2"	0,080	0,120	0,0096	42	0,403
4x4"	0,120	0,120	0,0144	5	0,072
Total para 1 apartamento					0,475
Total para 88 apartamentos					41,82

Tabela 37 – Cálculo da área dos eletrodutos

Altura do ponto (m)	Pé direito (m)	Comprimento do rasgo (m)	Largura do rasgo	Área (m ²)	Quantidade de pontos (un)	Área total (m ²)
0,30	2,80	2,50	0,035	0,0875	20	1,750
1,30	2,80	1,50	0,035	0,0525	24	1,260
2,00	2,80	0,80	0,035	0,028	3	0,084
2,30	2,80	0,50	0,035	0,0175	2	0,035
Total para 1 apartamento						3,13
Total para 88 apartamentos						275,35

Para as caixas de luz o montante para um apartamento foi de 0,475 m² e para os eletrodutos de 3,13 m². Na sequência do cálculo das áreas, calcula-se a massa total de resíduos gerados, considerando-se sobre a área dos rasgos da talhadeira o índice de majoração (Tabela 38).

Tabela 38 – Cálculo da quantidade de resíduo gerado

Ferramenta	Área dos rasgos (m ²)	Majoração (%)	Índice de geração (kg/m ²)	Resíduo para 1 apartamento (kg)	Resíduo para 88 apartamentos (kg)
Fresa	3,60	-		95,5	8405,0
Serra Mármore	3,60	-	26,5	95,5	8405,0
Talhadeira	3,60	31%*		125,1	11010,5




* Coeficiente de majoração relativo a falta de precisão na execução do rasgo

Para um apartamento o montante em quilos de resíduo é de 95,5 kg para a fresa e serra mármore, gerando 0,85 kg de resíduo por área construída, já para a talhadeira o montante é de 125,1 kg, o que resulta em 1,11 kg de resíduo por área construída. Comparando-se esses resultados com os dados extraídos do estudo de Gonçalves (2013), o resíduo de quebra de parede resultante deste estudo piloto pode

representar cerca de 10% de todo resíduo cerâmico produzido em obras residenciais, considerando a relação de massa gerada por área construída.

Com os valores das massas unitárias, na Tabela 39, determina-se o volume total de resíduo de alvenaria gerado no edifício e a quantidade de caçambas de 5 m³ usadas para destinar esse RCC.

Tabela 39 – Cálculo do volume total de resíduo gerado

Ferramenta	Massa unitária (kg/m ³)	Massa total resíduo (kg)	Volume total resíduo (m ³)	Total de caçambas de 5 m ³
Fresa	1134,0	8405,0	7,41	
Serra Mármore	1054,5	8405,0	7,97	
Talhadeira	1017,1	11010,5	10,83	

O resíduo proveniente da cortadora de parede tipo fresa tem o volume total de 7,41 m³ considerando-se o corte nos 88 apartamentos, ocupando uma caçamba inteira e 48% da segunda caçamba, já o resíduo da serra mármore ocupa 11% a mais da segunda caçamba do que a fresa, mesmo a massa total sendo igual para as duas ferramentas, a massa unitária difere. O resíduo da talhadeira tem o volume total 46% maior do que o da fresa, visto que além do coeficiente de majoração da largura dos rasgos, a massa unitária é a menor das três ferramentas.

Quanto ao tempo, considerando o trabalho de corte ininterrupto em um apartamento, para fazer os quase 103 metros lineares de rasgos, a fresa seria utilizada por aproximadamente 32 minutos, enquanto a serra mármore (com a finalização em talhadeira) por 3 horas e 15 minutos e, somente a talhadeira, por 7 horas e 17 minutos (Tabela 40).

Tabela 40 – Cálculo do tempo para execução dos rasgos

Ferramenta	Tempo por metro (hh:mm:ss)	Comprimento das aberturas (m)	Tempo para 1 apartamento (hh:mm:ss)	Tempo para 88 apartamentos (hh:mm:ss)
Fresa	00:00:19	102,98	00:32:37	66:51:07
Serra Mármore	00:01:54	102,98	03:15:39	309:06:41
Talhadeira	00:04:15	102,98	07:17:39	664:22:50

O tempo pode ser um fator determinante na escolha da ferramenta a ser utilizada, visto que o serviço do rasgo pode demandar tempo elevado em sua

execução. Isso também demonstra a produtividade de cada ferramenta e que o investimento maior em um equipamento de corte mais eficiente pode ter o *pay back* em pouco tempo. Utilizando a fresa, o mesmo serviço pode chegar a ser 10 vezes mais rápido do que utilizando a talhadeira.

Outra relação possível é a relação de preço da mão de obra por metro de rasgo executado. Considerando o salário de R\$8,23 por hora trabalhada do eletricista (SINTRACON, 2017), tem-se a Tabela 41.

Tabela 41 – Preço da mão de obra por metro de rasgo

Ferramenta	Salário Eletricista (R\$/h)	Tempo por metro (hh:mm:ss)	Preço por metro (R\$/m)
Fresa	8,23	00:00:19	R\$0,043
Serra Mármore		00:01:54	R\$0,261
Talhadeira		00:04:15	R\$0,583

O rasgo feito em talhadeira é significativamente mais caro, considerando-se apenas o valor por hora pago ao eletricista.

Mesclando-se os valores da Tabela 40 com os valores da Tabela 41, percebe-se que para execução de todos os rasgos do edifício (com a intenção de abrir com mesma largura), considerando a execução ininterrupta, a mão de obra do eletricista custaria em torno de R\$ 400,00 utilizando-se a fresa. Para a serra mármore, o valor só com a mão de obra ficaria em torno de R\$ 2400,00, já para a talhadeira esse valor saltaria para aproximadamente R\$ 5300,00.

Esses valores devem ser considerados na hora de verificar a viabilidade de uma obra, o cronograma e a geração de resíduos. A quantificação dos resíduos assegura o melhor gerenciamento dos RCC sendo que uma das primeiras ações em qualquer esforço de minimização de resíduos é a capacidade de prever os montantes de resíduos a serem gerados.

5 CONCLUSÕES

Com este estudo foi possível propor um índice de geração do resíduo para a execução de instalações elétricas em paredes de alvenaria, bem como verificar características que influenciam a geração do resíduo ou o índice de geração e diferenças determinantes entre as ferramentas estudadas. Assim, pode-se chegar às seguintes conclusões:

- Na análise dos valores, em que todas as amostras consideradas válidas foram analisadas, o índice de geração encontrado ficou em 26,5 kg/m² de rasgo com desvio padrão de 2,64 kg/m², resultado final deste estudo.
- Os dados do estudo piloto se relacionaram estatisticamente com os dados de laboratório.
- O tipo de ferramenta empregada não tem influência sobre o índice de geração de resíduo (kg/m²), contudo as ferramentas utilizadas influenciam diretamente na qualidade do serviço, na produtividade e no volume de resíduo gerado.
- A cortadora de parede fresa executa o rasgo no menor tempo dentre as demais ferramentas (19 segundos), com a precisão exata da largura do disco e gera um resíduo mais fino, com a maior massa unitária. Contudo, possui a limitação dos tamanhos do disco de fresa disponíveis no mercado e o valor da ferramenta vai de R\$ 1000,00 até R\$ 2800,00 aproximadamente.
- A serra mármore é uma ferramenta que auxilia a talhadeira na execução dos rasgos, visto que com a delimitação do rasgo, o resíduo entre os cortes é retirado com mais facilidade. A granulometria do resíduo gerado pela serra mármore em conjunto a talhadeira é muito semelhante ao resíduo caso seja usada somente a talhadeira e existe uma diferença de apenas 3,7% entre as massas unitárias. O preço da serra mármore varia entre R\$ 120,00 e R\$ 500,00 e uma das vantagens é a flexibilidade na escolha da dimensão do rasgo a ser feito, sem limitações.

- A talhadeira mostrou-se menos eficiente para execução do rasgo, visto que obteve o maior tempo por metro de rasgo, não dá precisão ao corte, transmite muito impacto para a alvenaria, gerando assim aberturas 31% maiores e conseqüentemente mais resíduos. O resíduo tem a menor massa unitária dentre as ferramentas estudadas e tem o menor custo.
- O tipo de bloco utilizado não tem influência direta no índice de geração de resíduos para o nível de confiança de 95%. A pequena influência demonstrada nos dados estatísticos pode estar relacionada à qualidade do bloco, como a densidade específica do material utilizado, imperfeições e também a quantidade excessiva ou muito pequena de argamassa de assentamento utilizada.
- Na aplicação em um estudo de caso dos valores do índice de geração de resíduos, da massa unitária e do tempo calculados neste trabalho, percebe-se uma diferença 7,5% no volume de resíduos entre a fresa e a serra mármore, diferença essa que é de 46% comparando-se o volume gerado entre fresa e a talhadeira, sendo a talhadeira a ferramenta responsável pela maior geração de massa e volume de resíduo.
- A diferença no tempo de execução dos rasgos é muito significativa e deve entrar na análise da escolha da ferramenta a ser utilizada. O tempo médio para execução de um metro de rasgo ficou próximo a 20 segundos para a fresa, a dois minutos para a serra mármore em conjunto com a talhadeira e somente com a talhadeira o tempo de execução ficou em 4 minutos e 15 segundos. Para o mesmo serviço, o corte de paredes com a fresa pode ser 10 vezes mais ágil do que com a talhadeira.
- Com relação aos valores de mão de obra, considerando um eletricista com salário médio de R\$ 8,23/h, poderá se economizar cerca de 13 vezes se utilizada a cortadora de parede fresa ao invés da talhadeira. Custo esse que pode fazer grande diferença na escolha do equipamento de corte.

Considera-se que a maior contribuição deste trabalho foi demonstrar que atividades consideradas simples no âmbito da construção civil, podem resultar em diferenças significativas com relação a produtividade do serviço, ao tempo gasto, a

geração de resíduos e ao orçamento. Todas as atividades desempenhadas na construção civil podem ser melhor analisadas e avaliadas.

O gerenciamento dos resíduos da construção civil deve abranger a quantificação dos resíduos, mas também outras variáveis que possam influenciar no tipo de resíduo produzido e na minimização do material desperdiçado. Não basta saber quanto certa atividade gerará de resíduos, se os envolvidos na construção civil não se importarem com o montante gerado e com as possibilidades de redução desta geração. Com a consciência ambiental fazendo parte do processo da construção, a geração de resíduos não será mera estatística, será um problema a ser solucionado, incentivando o desenvolvimento de pesquisas e soluções que conectem os pesquisadores à indústria da construção.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Dada a relevância e a abrangência do tema, a proposta deste trabalho pode ser aprimorada e adaptada para diversos cenários. Seguem algumas sugestões para trabalhos futuros:

- Elaboração de um estudo análogo a este em que seja desenvolvida uma proposta de índice de geração de resíduos na execução de instalações hidrossanitárias, pois embora possuam características similares aos rasgos das instalações elétricas, podem ter diâmetros superiores, o que pode demandar execuções de rasgos mais profundos, ultrapassando o primeiro furo do bloco cerâmico;
- Desenvolvimento de um *plug-in* para cálculo das áreas de rasgos em instalações elétricas e posterior aplicação do índice de geração de resíduos encontrado neste estudo em um modelo BIM para obtenção da quantidade de resíduo classe A proveniente dessa atividade;
- Estudo da viabilidade de utilização do resíduo obtido para aplicação em argamassas de assentamento, por exemplo vislumbrando-se a possibilidade de reaproveitamento direto na obra geradora.

REFERÊNCIAS

ABDELHAMID, M. S. Assessment of different construction and demolition waste management approaches. **HBRC Journal**, v. 10, n. 3, p. 317-326, janeiro, 2014.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5444**: Símbolos Gráficos Para Instalações Elétricas Prediais. Rio de Janeiro, 9p. 1989.

_____. **NBR 8545**: Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos. Rio de Janeiro, 1984.

_____. **NBR 7217**: Agregados: determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 7251**: Agregado em estado solto-determinação da massa unitária. Rio de Janeiro, 1982.

_____. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004a.

_____. **NBR 15112**: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: Áreas de Transbordo e Triagem de RCD. Junho, 2004b.

_____. **NBR 15113**: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Junho, 2004c.

_____. **NBR 15114**: Resíduos sólidos da construção civil: Área de Reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Junho, 2004d.

_____. **NBR 15115**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Junho, 2004e.

_____. **NBR 15116**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural. Junho, 2004f.

_____. **NBR 15270**: Componentes cerâmicos. Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação — Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15465**: Requisitos de desempenho para sistemas de eletrodutos plásticos para instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2008.

ABRECON. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO. **Relatório da Pesquisa Setorial 2014/2015**. Organização: Universidade Federal do Paraná. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.abrecon.org.br/relatorio-pesquisa-setorial-20142015/>>

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**, 2016. São Paulo, SP: ABRELPE, 2017.

ACHILLAS, C., VLACHOKOSTAS, C., MOUSSIOPOULOS, N., BANIAS, G., KAFETZOPOULOS, G., KARAGIANNIDIS, A. Social acceptance for the development of a waste-to-energy plant in an urban area. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 55, n. 9-10, p. 857-863, 2011.

ADJEI, S. D. **Review of waste management in the UK construction industry**. 2016. 386 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência) - University of Wolverhampton. Reino Unido. 2016.

AHANKOOB, A.; KHOSHNAVA, S. M.; ROSTAMI, R.; PREECE, C. BIM perspectives on construction waste reduction. In: **Management in Construction Research Association** (MiCRA) Postgraduate Conference, Malaysia, p. 195-199. 2012.

ALENCAR, L. H.; DE MIRANDA MOTA, C. M.; ALENCAR, M. H. The problem of disposing of plaster waste from building sites: problem structuring based on value focus thinking methodology. **Waste Management**, v. 31, n. 12, p. 2512-2521, 2011.

AMORES, M. J., MENESES, M., PASQUALINO, J., ANTÓN, A., CASTELLS, F. Environmental assessment of urban water cycle on Mediterranean conditions by LCA approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 43, p. 84-92, 2013.

ANGULO, S. C. **Variabilidade de agregados graúdos reciclados de resíduos de construção e demolição reciclados**. São Paulo. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 2001.

ANGULO, S. C.; TEIXEIRA, C. E.; CASTRO, A. L. D.; NOGUEIRA, T. P. Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, n. 3, p. 299-306, 2011.

ARAÚJO, N. N. **Desempenho de argamassas de revestimentos produzidas com agregados reciclados oriundos do resíduo de construção e demolição da Grande Natal-RN**. 2014. Dissertação (Mestrado em Construção Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2014.

AZEVEDO, G. O. D.; KIPERSTOK, A.; MORAES, L. R. S. Resíduos da construção civil em Salvador: os caminhos para uma gestão sustentável. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 65-72, 2006.

BAILER, C.; TOMITCH, L. M. B.; D'ELY, R. C. S. F. O planejamento como processo dinâmico: a importância do estudo piloto para uma pesquisa experimental em linguística aplicada. Intercâmbio. **Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Linguística Aplicada e Estudos da Linguagem**. ISSN 2237-759X, v. 24, 2011.

BAKSHAN, A.; SROUR, I.; CHEHAB, G.; EL-FADEL, M. A field based methodology for estimating waste generation rates at various stages of construction projects. Resources, **Conservation and Recycling**, v. 100, p. 70-80, 2015.

BEGUM, R. A., SIWAR, C., PEREIRA, J. J., JAAFAR, A. H. Attitude and behavioral factors in waste management in the construction industry of Malaysia. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 53, n. 6, p. 321-328, 2009.

BEHERA, M.; BHATTACHARYYA, S. K.; MINOCHA, A. K., DEOLIYA, R.; MAITI, S. Recycled aggregate from C&D waste & its use in concrete—A breakthrough towards sustainability in construction sector: A review. **Construction and Building Materials**, v. 68, p. 501-516, 2014.

BERGSDAL, Håvard; BOHNE, Rolf André; BRATTEBØ, Helge. Projection of construction and demolition waste in Norway. **Journal of Industrial Ecology**, v. 11, n. 3, p. 27-39, 2007.

BLUMENSCHNEIN, Raquel Naves. Manual técnico: **Gestão de resíduos sólidos em canteiros de obras**. Brasília: SEBRAE/DF, 2007.

BOSSINK, B. A. G.; BROUWERS, H. J. H. Construction waste: quantification and source evaluation. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 122, n. 1, p. 55-60, 1996.

BRASIL. Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010. **Regulamenta a Lei no 11.445**, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 21 jun. 2010a.

_____. Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. **Regulamenta a Lei no 12.305**, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 dez. 2010b.

_____. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº. 307** - Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, de 05 de julho de 2002. Brasília DF, n. 136, 2002.

_____. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA 348 de 16 de agosto de 2004**. Altera a Resolução CONAMA 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Publicada no Diário Oficial da União, Brasília, n. 158, 2004.

_____. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA 431 de 04 de maio de 2011**. Altera o art. 3º da Resolução CONAMA 307, de 5 de julho de 2002, estabelecendo nova classificação para o gesso. Publicada no Diário Oficial da União, Brasília n. 99, 2011.

_____. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA 448 de 18 de janeiro de 2012**. Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução CONAMA 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA. Publicada no Diário Oficial da União, Brasília n. 14, 2012.

_____. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA 469, de 29 de julho de 2015**. Altera a Resolução CONAMA 307, de 5 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Publicada no Diário Oficial da União, Brasília, 2015.

CARNEIRO, A. P.; BRUM, I.; COSTA, D. Characterization of C&D waste and processed debris aiming the production of construction materials. In: **CIB symposium in construction and environment: theory into practice**. 2000.

COCHRAN, K. M.; TOWNSEND, T. G.; REINHART, D.; HECK, H. Estimation of regional building-related C&D debris generation and composition: Case study for Florida, US. **Waste Management**, v. 27, n. 7, p. 921-931, 2007.

COCHRAN, K. M.; TOWNSEND, T. G. Estimating construction and demolition debris generation using a materials flow analysis approach. **Waste Management**, v. 30, n. 11, p. 2247-2254, 2010.

COMEC - COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA. Formação da RMC. Região Metropolitana de Curitiba, 2014. Disponível Em: <<http://www.comec.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=89>>

CORDEIRO MÁQUINAS E FERRAMENTAS (2018). Disponível em: <https://www.cordeiromaquinas.com.br/loja/produto-219075-70916-serra_marmore_titan_1500w_gdc150_110v_bosch>

CÓRDOBA, R. E. **Estudo do sistema de gerenciamento integrado de resíduos de construção e demolição do município de São Carlos-SP**. 2010. Tese (Doutorado em Construção Civil). Universidade de São Paulo, São Carlos. 2010.

CORINALDESI, V.; MORICONI, G. Behaviour of cementitious mortars containing different kinds of recycled aggregate. **Construction and Building Materials**, v. 23, n. 1, p. 289-294, 2009.

CORTAG. Cortag indústria e comércio LTDA. 2018a. Manual de instruções da cortadora de aprede fresa BRIC 35. Disponível em: <<https://www.cortag.com.br/upload/manuais/BRIC-35.pdf>>

CORTAG. Cortag indústria e comércio LTDA. 2018b. Disponível em: <<https://www.cortag.com.br/cortador-de-parede-bric-35-220-v>>

DE BRITO, J.; PEREIRA, A. S.; CORREIA, J. R. Mechanical behaviour of non-structural concrete made with recycled ceramic aggregates. **Cement and Concrete Composites**, v. 27, n. 4, p. 429-433, 2005.

DE CARVALHO, H. J. S.; SCHEER, S. A utilização de modelos bim na gestão de resíduos de construção e demolição. **Blucher Engineering Proceedings**, v. 2, n. 2, p. 245-255, 2015.

DENG, X.; LIU, G.; HAO, J. A study of construction and demolition waste management in Hong Kong. In: **Wireless Communications, Networking and Mobile Computing**, 2008. WiCOM'08. 4th International Conference on. IEEE, p. 1-4, 2008.

DIXIT, M. K.; FERNÁNDEZ-SOLÍS, J. L.; LAVY, S.; CULP, C. H. Identification of parameters for embodied energy measurement: A literature review. **Energy and Buildings**, v. 42, n. 8, p. 1238-1247, 2010.

EVANGELISTA, A. C. J.; TAM, V. W.Y.; SANTOS, J. Recycled ceramic fine aggregate for masonry mortar production. In: **Proceedings of the 21st International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate**. Springer, Singapore, 2018. p. 1141-1148.

FATTA, D.; PAPADOPOULOS, A.; AVRAMIKOS, E.; SGOUROU, E.; MOUSTAKAS, K.; KOURMOUSSIS, F.; LOIZIDOU, M. Generation and management of construction and demolition waste in Greece—an existing challenge. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 40, n. 1, p. 81-91, 2003.

FERRAMENTAS GERAIS (2018). Disponível em:< <http://www.fg.com.br/serra-marmore-5--1400w-4100nh2z-industrial---makita/p>>

FERREIRA, J. C.; PATINO, C. M. O que realmente significa o valor-p? **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 41, n. 5, p. 485-485, 2015.

FORMOSO, C. T., SOIBELMAN, L., DE CESARE, C., ISATTO, E. L. Material waste in building industry: main causes and prevention. *Journal of construction engineering and management*, v. 128, n. 4, p. 316-325, 2002.

FRAGA, M. F. **Panorama da geração de resíduos da construção civil em Belo Horizonte: medidas de minimização com base em projeto e planejamento de obras**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Programa de pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

FROTTÉ, C.; DI NUBILA, C. S. A.; NAGALLI, A.; MAZER, W.; MACIOSKI, G.; OLIVEIRA, L. O. S. Estudo das propriedades físicas e mecânicas de concreto com substituição parcial de agregado natural por agregado reciclado proveniente de RCD. **Revista Matéria**, v. 22, n. 2, 2017.

GAYARRE, F. L.; BOADELLA, Í. L.; PÉREZ, C. L. C.; LÓPEZ, M. S.; CABO, A. D. Influence of the ceramic recycled aggregates in the masonry mortars properties. **Construction and Building Materials**, v. 132, p. 457-461, 2017.

GBCA - Green Building Council Australia. Green star. Green Building Council of Australia, 2009.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. Editora Atlas SA, 2008.

GONÇALVES, P. H. **Planejamento e gerenciamento do resíduo sólido de construção e demolição-estudo de casos goianos**. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia) Universidade Federal de Goiás. Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil. 2013.

HALL, A.; NEVES, C.; PEREIRA, A. **Grande Maratona de Estatística no SPSS**. Editora Escolar. 2011.

HAMIDI, B.; BULBUL, T.; PEARCE, A.; THABET, W. Potential application of BIM in cost-benefit analysis of demolition waste management. In: **Construction Research Congress 2014: Construction in a Global Network**. p. 279-288, 2014.

HEWAGE, K.; PORWAL, A. Sustainable construction: an information modelling approach for waste reduction. In: **International Conference on Building Resilience**, Kandalama, Sri Lanka. 2011.

HOBBS, G.; ADAMS, K.; BLACKWELL, M. Understanding and predicting construction waste. In: **Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Waste and Resource Management**. ICE Publishing, p. 239-245, 2011.

HSIAO, T. Y.; HUANG, Y. T.; YU, Y. H.; WERNICK, I. K. Modeling materials flow of waste concrete from construction and demolition wastes in Taiwan. **Resources Policy**, v. 28, n. 1, p. 39-47, 2002.

IBM Corp. Released 2011. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp. 2011.

JAILLON, L.; POON, CS; CHIANG, Y. H. Quantifying the waste reduction potential of using prefabrication in building construction in Hong Kong. **Waste management**, v. 29, n. 1, p. 309-320, 2009.

JALALI, S. Quantification of construction waste amount. **6º Jornadas técnicas internacionais de resíduos**, Viseu, Portugal, 2007.

KARPINSK, L. A.; GUIMARÃES, J. C. B.; PANDOLFO, A.; PANDOLFO, L. M.; REINEHER, R.; KUREK, J. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental**. Porto Alegre. EDIPUCRS, 2009.

KHALAF, F. M.; DEVENNY, A. S. Recycling of demolished masonry rubble as coarse aggregate in concrete. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 16, n. 4, p. 331-340, 2004.

KULATUNGA, U. et al. Attitudes and perceptions of construction workforce on construction waste in Sri Lanka. **Management of Environmental Quality: An International Journal**, v. 17, n. 1, p. 57-72, 2006.

LACHIMPADI, S. K.; PEREIRA, J. J.; TAHA, M. R.; MOKHTAR, M. Construction waste minimisation comparing conventional and precast construction (Mixed System and IBS) methods in high-rise buildings: A Malaysia case study. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 68, p. 96-103, 2012.

LAGE, I. M.; ABELLA, F. M.; HERRERO, C. V.; ORDÓNEZ, J. L. P. I. Estimation of the annual production and composition of C&D Debris in Galicia (Spain). **Waste Management**, v. 30, n. 4, p. 636-645, 2010.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. Metodologia do Trabalho Científico. 2. ed. São Paulo: Atlas, 198 p. 1987.

LATTERZA, L.M. **Concreto com agregado graúdo proveniente da reciclagem de resíduos de construção e demolição um novo material para fabricação de painéis leves de vedação**. São Carlos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1998.

LEITE, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 290p, 2001.

LI, J., DING, Z., MI, X., WANG, J. A model for estimating construction waste generation index for building project in China. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 74, p. 20-26, 2013.

LIMA, R. S.; LIMA, R. R. R. **Guia para elaboração de projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil**. Série de Publicações Temáticas do CREA-PR. Curitiba: CREA, 2009.

LIU, Q.; XIAO, J.; SUN, Z. Experimental study on the failure mechanism of recycled concrete. **Cement and Concrete Research**, v. 41, n. 10, p. 1050-1057, 2011.

LLATAS, C. A model for quantifying construction waste in projects according to the European waste list. **Waste Management**, v. 31, n. 6, p. 1261-1276, 2011.

LOPES, M. M.; BRANCO, V. T.F. C.; SOARES, J. B.. Utilização dos testes estatísticos de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk para verificação da normalidade para materiais de pavimentação. **Transportes**, v. 21, n. 1, p. 59-66, 2013.

LOVATO, P. S., POSSAN, E., DAL MOLIN, D. C. C., MASUERO, Â. B., RIBEIRO, J. L. D Modeling of mechanical properties and durability of recycled aggregate concretes. **Construction and Building Materials**, v. 26, n. 1, p. 437-447, 2012.

LU, W.; WEBSTER, C.; CHEN, K.; ZHANG, X.; CHEN, X. Computational Building Information Modelling for construction waste management: Moving from rhetoric to reality, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 68, n. 1, p. 587-595. Fev. 2017.

LU, W.; YUAN, H.; LI, J.; HAO, J. J.; MI, X.; DING, Z. An empirical investigation of construction and demolition waste generation rates in Shenzhen city, South China. **Waste management**, v. 31, n. 4, p. 680-687, 2011.

MACKEY, A.; GASS, S. M. **Second language research: Methodology and design**. Routledge, 2015.

MAKITA. Makita do Brasil Ferramentas Elétricas Ltda. Manual de instruções para uso da serra mármore 4100NH3. 2018. Disponível em:<<http://www.makita.com.br/manuais/4100NH3.pdf>>

MÁLIA, M.; DE BRITO, J.; PINHEIRO, M. D.; BRAVO, M. Construction and demolition waste indicators. **Waste Management & Research**, v. 31, n. 3, p. 241-255, 2013.

MAÑÀ, I; REIXACH, F; GONZÀLEZ, I; BARROSO, J; SAGRERA, I; CUSCÓ, A. Construction and demolition on site waste management plan. General Direction of the Environment, **Catalonia Construction Technology Institute**, Barcelona, Spain 2000.

MAROCO, J. **Análise estatística com o SPSS Statistics**. ReportNumber, Lda, 5ª edição. 2011.

MAROCO, J. **Análise estatística com utilização do SPSS**. Lisboa: Edições Sílabo, v. 3. 2007

MEIBODI, A. B.; KEW, H.; HAROGLU, H. Most popular methods for minimizing in-situ concrete waste in the UK. **New York Sci. Journal**, v. 7, n. 12, p. 111-116, 2014.

MUNDSTOCK, E.; FACHEL, J. M. G.; CAMEY, S. A.; AGRANONIK, M. **Introdução à Análise Estatística utilizando o SPSS 13.0**. Cadernos de Matemática e Estatística Série B. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2006.

NAGALLI, A. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos na Construção Civil**. 1ª ed. São Paulo: Oficina de Texto, fev. 2014.

NAGALLI, A. Quantitative Method for Estimating Construction Waste Generation. **The Electronic Journal of Geotechnical Engineering**, v. 17, p. 1157-1162, 2012.

NAGAPAN, S., RAHMAN, I. A., ASMI, A., MEMON, A. H., ZIN, R. M. Identifying causes of construction waste—case of Central Region of Peninsula Malaysia. **International Journal of Integrated Engineering**, v. 4, n. 2, 2012.

OLIVEIRA, M. E. D.; DE MORAES SALES, R. J.; DE OLIVEIRA, L. A. S.; CABRAL, A. E. B. Diagnóstico da geração e da composição dos RCD de Fortaleza/CE. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 16, n. 3, p. 219-224, 2011.

PEDDAVENKATESU, Y.; NAIK, B. H. Waste Minimisation in Construction Industry. International Journal of Innovative Research. In: **Science, Engineering and Technology**, v. 5, n. 10, p. 1-8, 2016.

PINTO, T. et al. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do SindusCon-SP**. São Paulo: Obra Limpa, 2005.

POON, C. S.; ANN, T. W.; NG, L. H. On-site sorting of construction and demolition waste in Hong Kong. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 32, n. 2, p. 157-172, 2001.

POON, C. S.; YU, A. T. W.; NG, L. H. Comparison of low-waste building technologies adopted in public and private housing projects in Hong Kong. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 10, n. 2, p. 88-98, 2003.

RAO, P. B.; SHIVAKUMAR, B.; SURESH, H. S. Waste Minimisation in Construction Industry. **Indian Journal of Applied Research**, v. 4, n. 6, p. 23-26, 2014.

RAZALI, N. M., WAH, Y. B. Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. **Journal of Statistical Modeling and Analytics**, v. 2, n. 1, p. 21-33, 2011.

RUNGER, C.; HUBELE, F.; MONTGOMERY, C. **Estatística Aplicada à Engenharia**. 2ª Edição. Editora LTC, 2004.

SAEZ, P. V.; DEL RÍO MERINO, M., GONZÁLEZ, A. S. A.; PORRAS-AMORES, C. Best practice measures assessment for construction and demolition waste management in building constructions. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 75, p. 52-62, 2013.

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

SEO, S.; HWANG, Y. An estimation of construction and demolition debris in Seoul, Korea: waste amount, type, and estimating model. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v. 49, n. 8, p. 980-985, 1999.

SHAHIDAN, S.; AZMI, M. A. M.; KUPUSAMY, K.; ZUKI, S. S. M.; ALI, N. Utilizing Construction and Demolition (C&D) Waste as Recycled Aggregates (RA) in concrete. **Procedia Engineering**, v. 174, p. 1028-1035, 2017.

SHI, Jianguang; XU, Yuezhou. Estimation and forecasting of concrete debris amount in China. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 49, n. 2, p. 147-158, 2006.

SITRACON. Sindicato dos Trabalhadores nas Indústrias da Construção Civil, de Olarias e Cerâmicas de Curitiba e Região Metropolitana. 2017. Negociações salariais de 2017. Disponível em <http://www.sintraconcuritiba.org.br/wp-content/uploads/2018/02/TAB_Construcao-Civil-2017-2018.pdf>

SKOYLES, E. R. Materials wastage—a misuse of resources. **Building Research and Practice**, p. 232–243, 1976

SOLÍS-GUZMÁN, J. et al. A Spanish model for quantification and management of construction waste. **Waste Management**, v. 29, n. 9, p. 2542-2548, 2009.

STEVENSON, W. J. **Estatística**. São Paulo: Editora Harbra, 2001.

SZPAK, A. K.; SCHMIDT, C. A. P.; SANTO, J. POSSAN, E. Gerenciamento sustentável de resíduos de construção e demolição: um estudo de caso. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 7, p.100-114, 2015.

TANAKA, G. M.; COSTA, M. R. M. M.; SILVA, N. G.; DYMINSKI, A. S. Efeitos do tipo de areia de resíduo de construção e demolição (RCD) nas propriedades de argamassa de cimento e areia. In: **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, 13, 2010.

TCPO - Tabela de Composição de Preços para Orçamentos. 13º. ed. Imprensa: PINI Ltda., 640p. 2010.

TESSARO, A. B.; DE SÁ, J. S.; SCREMIN, L. B. Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS. **Ambiente Construído**, v. 12, n. 2, p. 121-130, 2012.

USEPA. U.S. Environmental Protection Agency. 2009. Current and previously registered section 3 PIP registrations. Disponível em <http://www.epa.gov/pesticides/biopesticides/pips/pip_list.htm>

WANG, J. Y.; TOURAN, A.; CHRISTOFOROU, C.; FADLALLA, H. A systems analysis tool for construction and demolition wastes management. **Waste Management**, v.24, n.10, p.989-997, 2004.

WCED (World Commission on Environment and Development). From one earth to one world: an overview. **Oxford University Press**, Oxford, 1987.

WISSENBACH, V.; TAUIL, C. A. (Org.). **Manual técnico de alvenaria**. São Paulo: ProEditores, ABCI, 1990.

WON, J.; CHENG, J. CP. Identifying potential opportunities of building information modeling for construction and demolition waste management and minimization. **Automation in Construction**, v. 79, p. 3-18, 2017.

WON, J.; CHENG, J. C. P.; LEE, G. Quantification of construction waste prevented by BIM-based design validation: Case studies in South Korea. **Waste Management**, v. 49, p. 170-180, 2016.

WU, Z.; ANN, T. W.; SHEN, L.; LIU, G. Quantifying construction and demolition waste: an analytical review. **Waste Management**, v. 34, n. 9, p. 1683-1692, 2014.

XAVIER, L.; BRITO, L.; CAVALCANTE, J.; CHERIAF, M. Diagnóstico do resíduo de construção civil da região de Florianópolis e sua potencialização como agregado graúdo para a confecção de novos concretos. In: **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, IX, Foz do Iguaçu, 2002.

XIAO, J.; LI, J.; ZHANG, C. Mechanical properties of recycled aggregate concrete under uniaxial loading. **Cement and Concrete Research**, v. 35, n. 6, p. 1187-1194, 2005.

YOST, P. A.; HALSTEAD, J. M. A methodology for quantifying the volume of construction waste. **Waste Management & Research**, v. 14, n. 5, p. 453-461, 1996.

YUAN, H. P.; SHEN, L. Y.; HAO, J. J.; LU, W. S. A model for cost–benefit analysis of construction and demolition waste management throughout the waste chain. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 55, n. 6, p. 604-612, 2011.

ZORDAN, S. E. **A Utilização do Entulho como Agregado na Confecção do Concreto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Campinas: Departamento de Saneamento e Meio Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 1997.

APÊNDICE A – COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DAS AMOSTRAS

Amostra P1F3				
Peneira (mm)	Massa Retida (g)	% Massa Retida	% Massa Ret. Acumulada	% Massa Passante. Acumulada
76	0	0,00	0,00	0,00
38	0	0,00	0,00	0,00
19	0	0,00	0,00	100,00
9,5	43,2	4,10	4,10	95,90
4,8	160,8	15,27	19,38	80,62
2,4	145,1	13,78	33,16	66,84
1,2	136,6	12,97	46,13	53,87
0,6	119,2	11,32	57,45	42,55
0,3	107,1	10,17	67,62	32,38
0,15	116,6	11,07	78,70	21,30
Fundo	224,3	21,30	100,00	
Total	1052,9	100		

Dimensão Máxima Característica	9,5mm
Módulo de Finura	4,07
Massa inicial amostra (g)	1055,0
% agregado graúdo	19,38
% agregado miúdo	59,32

Amostra P2F3				
Peneira (mm)	Massa Retida (g)	% Massa Retida	% Massa Ret. Acumulada	% Massa Passante. Acumulada
76	0	0,00	0,00	0,00
38	0	0,00	0,00	0,00
19	0	0,00	0,00	100,00
9,5	31,2	2,79	2,79	97,21
4,8	130,3	11,66	14,46	85,54
2,4	138,1	12,36	26,82	73,18
1,2	127,8	11,44	38,26	61,74
0,6	130,5	11,68	49,94	50,06
0,3	136,5	12,22	62,16	37,84
0,15	178,2	15,95	78,11	21,89
Fundo	244,5	21,89	100,00	
Total	1117,1	100		

Dimensão Máxima Característica	9,5mm
Módulo de Finura	3,73
Massa inicial amostra (g)	1118,0
% agregado graúdo	14,46
% agregado miúdo	63,66

Amostra P3F3				
Peneira (mm)	Massa Retida (g)	% Massa Retida	% Massa Ret. Acumulada	% Massa Passante. Acumulada
76	0	0,00	0,00	0,00
38	0	0,00	0,00	0,00
19	0	0,00	0,00	100,00
9,5	56,8	6,15	6,15	93,85
4,8	175,8	19,02	25,17	74,83
2,4	132,4	14,33	39,49	60,51
1,2	113,3	12,26	51,75	48,25
0,6	92,9	10,05	61,80	38,20
0,3	82,4	8,92	70,72	29,28
0,15	96,6	10,45	81,17	18,83
Fundo	174	18,83	100,00	
Total	924,2	100		

Dimensão Máxima Característica	19mm
Módulo de Finura	4,36
Massa inicial amostra (g)	925,0
% agregado graúdo	25,17
% agregado miúdo	56,01

Amostra P4F3				
Peneira (mm)	Massa Retida (g)	% Massa Retida	% Massa Ret. Acumulada	% Massa Passante. Acumulada
76	0	0,00	0,00	0,00
38	0	0,00	0,00	100,00
19	21,3	1,72	1,72	98,28
9,5	90,8	7,33	9,05	90,95
4,8	226,5	18,29	27,34	72,66
2,4	189	15,26	42,60	57,40
1,2	141,9	11,46	54,06	45,94
0,6	117,8	9,51	63,57	36,43
0,3	109,2	8,82	72,39	27,61
0,15	139,9	11,30	83,68	16,32
Fundo	202,1	16,32	100,00	
Total	1238,5	100		

Dimensão Máxima Característica	19mm
Módulo de Finura	4,54
Massa inicial amostra (g)	1241,0
% agregado graúdo	27,34
% agregado miúdo	56,34

Amostra P5F3				
Peneira (mm)	Massa Retida (g)	% Massa Retida	% Massa Ret. Acumulada	% Massa Passante. Acumulada
76	0	0,00	0,00	0,00
38	0	0,00	0,00	0,00
19	0	0,00	0,00	100,00
9,5	37,5	3,20	3,20	96,80
4,8	153,7	13,13	16,33	83,67
2,4	144,7	12,36	28,68	71,32
1,2	136,2	11,63	40,32	59,68
0,6	138,9	11,86	52,18	47,82
0,3	145,7	12,44	64,62	35,38
0,15	184,5	15,76	80,38	19,62
Fundo	229,8	19,62	100,00	0,00
Total	1171,0	100		

Dimensão Máxima Característica	9,5mm
Módulo de Finura	3,86
Massa inicial amostra (g)	1173,00
% agregado graúdo	16,33
% agregado miúdo	64,05

Amostra P1S3				
Peneira (mm)	Massa Retida (g)	% Massa Retida	% Massa Ret. Acumulada	% Massa Passante. Acumulada
76	0	0,00	0,00	100,00
38	218,7	20,95	20,95	79,05
19	459,2	44,00	64,95	35,05
9,5	123,3	11,81	76,77	23,23
4,8	58,5	5,61	82,37	17,63
2,4	29,8	2,86	85,23	14,77
1,2	19,4	1,86	87,08	12,92
0,6	19,9	1,91	88,99	11,01
0,3	19,8	1,90	90,89	9,11
0,15	29	2,78	93,67	6,33
Fundo	66,1	6,33	100,00	
Total	1043,7	100		

Dimensão Máxima Característica	76mm
Módulo de Finura	7,91
Massa inicial amostra (g)	1045
% agregado graúdo	82,37
% agregado miúdo	11,30

Amostra P2S3				
Peneira (mm)	Massa Retida (g)	% Massa Retida	% Massa Ret. Acumulada	% Massa Passante. Acumulada
76	0	0,00	0,00	100,00
38	45,1	4,65	4,65	95,35
19	457,1	47,11	51,76	48,24
9,5	209,1	21,55	73,31	26,69
4,8	60,4	6,22	79,53	20,47
2,4	33,6	3,46	82,99	17,01
1,2	23,9	2,46	85,46	14,54
0,6	21,3	2,20	87,65	12,35
0,3	19,7	2,03	89,68	10,32
0,15	48,4	4,99	94,67	5,33
Fundo	51,7	5,33	100,00	
Total	970,3	100		

Dimensão Máxima Característica	38mm
Módulo de Finura	7,50
Massa inicial amostra (g)	971
% agregado graúdo	79,53
% agregado miúdo	15,14

Amostra P3S3				
Peneira (mm)	Massa Retida (g)	% Massa Retida	% Massa Ret. Acumulada	% Massa Passante. Acumulada
76	0	0,00	0,00	0,00
38	0	0,00	0,00	100,00
19	442,5	55,53	55,53	44,47
9,5	153,3	19,24	74,76	25,24
4,8	43,5	5,46	80,22	19,78
2,4	26,8	3,36	83,59	16,41
1,2	15,6	1,96	85,54	14,46
0,6	16,8	2,11	87,65	12,35
0,3	17,4	2,18	89,84	10,16
0,15	26,1	3,28	93,11	6,89
Fundo	54,9	6,89	100,00	
Total	796,9	100		

Dimensão Máxima Característica	38mm
Módulo de Finura	7,50
Massa inicial amostra (g)	797
% agregado graúdo	80,22
% agregado miúdo	12,89

Amostra P4S3				
Peneira (mm)	Massa Retida (g)	% Massa Retida	% Massa Ret. Acumulada	% Massa Passante. Acumulada
76	0	0,00	0,00	100,00
38	116,9	12,86	12,86	87,14
19	495,7	54,51	67,37	32,63
9,5	92,6	10,18	77,55	22,45
4,8	46,2	5,08	82,63	17,37
2,4	20,2	2,22	84,86	15,14
1,2	16,6	1,83	86,68	13,32
0,6	17,2	1,89	88,57	11,43
0,3	17,4	1,91	90,49	9,51
0,15	42,8	4,71	95,19	4,81
Fundo	43,7	4,81	100,00	
Total	909,3	100		

Dimensão Máxima Característica	76mm
Módulo de Finura	7,86
Massa inicial amostra (g)	910
% agregado graúdo	82,63
% agregado miúdo	12,56

Amostra P5S3				
Peneira (mm)	Massa Retida (g)	% Massa Retida	% Massa Ret. Acumulada	% Massa Passante. Acumulada
76	0	0,00	0,00	100,00
38	192,2	14,88	14,88	85,12
19	510,1	39,49	54,37	45,63
9,5	272	21,06	75,42	24,58
4,8	86	6,66	82,08	17,92
2,4	49,1	3,80	85,88	14,12
1,2	28,1	2,18	88,06	11,94
0,6	26,6	2,06	90,11	9,89
0,3	25,5	1,97	92,09	7,91
0,15	44,4	3,44	95,53	4,47
Fundo	57,8	4,47	100,00	
Total	1291,8	100		

Dimensão Máxima Característica	76mm
Módulo de Finura	7,78
Massa inicial amostra (g)	1295
% agregado graúdo	82,08
% agregado miúdo	13,45

Amostra P1T3				
Peneira (mm)	Massa Retida (g)	% Massa Retida	% Massa Ret. Acumulada	% Massa Passante. Acumulada
76	0	0,00	0,00	100,00
38	164	9,60	9,60	90,40
19	540,5	31,65	41,25	58,75
9,5	387	22,66	63,91	36,09
4,8	221,2	12,95	76,86	23,14
2,4	124,5	7,29	84,15	15,85
1,2	71,9	4,21	88,35	11,65
0,6	52,4	3,07	91,42	8,58
0,3	46,2	2,70	94,13	5,87
0,15	52,4	3,07	97,20	2,80
Fundo	47,9	2,80	100,00	
Total	1708,0	100		

Dimensão Máxima Característica	76mm
Módulo de Finura	7,47
Massa inicial amostra (g)	1710
% agregado graúdo	76,86
% agregado miúdo	20,34

Amostra P2T3				
Peneira (mm)	Massa Retida (g)	% Massa Retida	% Massa Ret. Acumulada	% Massa Passante. Acumulada
76	0	0,00	0,00	0,00
38	0	0,00	0,00	100,00
19	465,5	36,76	36,76	63,24
9,5	271,6	21,45	58,21	41,79
4,8	183,1	14,46	72,67	27,33
2,4	106,1	8,38	81,05	18,95
1,2	62,7	4,95	86,01	13,99
0,6	47,4	3,74	89,75	10,25
0,3	37	2,92	92,67	7,33
0,15	40,6	3,21	95,88	4,12
Fundo	52,2	4,12	100,00	
Total	1266,2	100		

Dimensão Máxima Característica	38mm
Módulo de Finura	7,13
Massa inicial amostra (g)	1267
% agregado graúdo	72,67
% agregado miúdo	23,20

Amostra P3T3				
Peneira (mm)	Massa Retida (g)	% Massa Retida	% Massa Ret. Acumulada	% Massa Passante. Acumulada
76	0	0,00	0,00	100,00
38	202,1	15,54	15,54	84,46
19	409,4	31,47	47,01	52,99
9,5	281,7	21,66	68,67	31,33
4,8	136,3	10,48	79,14	20,86
2,4	79,7	6,13	85,27	14,73
1,2	41,8	3,21	88,48	11,52
0,6	37,7	2,90	91,38	8,62
0,3	32,7	2,51	93,90	6,10
0,15	34,4	2,64	96,54	3,46
Fundo	45	3,46	100,00	
Total	1300,8	100		

Dimensão Máxima Característica	76mm
Módulo de Finura	7,66
Massa inicial amostra (g)	1302
% agregado graúdo	79,14
% agregado miúdo	17,40

Amostra P4T3				
Peneira (mm)	Massa Retida (g)	% Massa Retida	% Massa Ret. Acumulada	% Massa Passante. Acumulada
76	0	0,00	0,00	100,00
38	530	20,74	20,74	79,26
19	940,4	36,80	57,55	42,45
9,5	446,7	17,48	75,03	24,97
4,8	207,5	8,12	83,15	16,85
2,4	113,7	4,45	87,60	12,40
1,2	67,1	2,63	90,23	9,77
0,6	61,4	2,40	92,63	7,37
0,3	50,3	1,97	94,60	5,40
0,15	56,3	2,20	96,80	3,20
Fundo	81,7	3,20	100,00	
Total	2555,1	100		

Dimensão Máxima Característica	76mm
Módulo de Finura	7,98
Massa inicial amostra (g)	2559
% agregado graúdo	83,15
% agregado miúdo	13,65

Amostra P5T3				
Peneira (mm)	Massa Retida (g)	% Massa Retida	% Massa Ret. Acumulada	% Massa Passante. Acumulada
76	0	0,00	0,00	0,00
38	0	0,00	0,00	100,00
19	250	20,86	20,86	79,14
9,5	312,7	26,09	46,95	53,05
4,8	214,9	17,93	64,89	35,11
2,4	120,3	10,04	74,92	25,08
1,2	70,8	5,91	80,83	19,17
0,6	58,1	4,85	85,68	14,32
0,3	47,3	3,95	89,63	10,37
0,15	53,8	4,49	94,12	5,88
Fundo	70,5	5,88	100,00	
Total	1198,4	100		

Dimensão Máxima Característica	38mm
Módulo de Finura	6,58
Massa inicial amostra (g)	1200
% agregado graúdo	64,89
% agregado miúdo	29,23