



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

LUCIANA CÁSSIA LIMA DA SILVA

**ANÁLISE DA GERAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL
EM OBRAS DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL**

Recife, PE
2022



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

LUCIANA CÁSSIA LIMA DA SILVA

**ANÁLISE DA GERAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL
EM OBRAS DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós –
Graduação em Engenharia Civil, da Escola
Politécnica de Pernambuco da Universidade de
Pernambuco para a obtenção do título de mestre
em Engenharia Civil

Área de concentração: Construção Civil

Orientadora: Profa. Dra. Kalinny Patrícia
Vaz Lafayette

Recife, PE
2022

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Universidade de Pernambuco – Recife

S586a Silva, Luciana Cássia Lima da
Análise da geração dos resíduos da construção civil em obras de habitações de interesse social. / Luciana Cássia Lima da Silva. – Recife: UPE, Escola Politécnica, 2022.

93 f.: il.

Orientador: Profa. Dra. Kalinny Patrícia Vaz Lafayette

Dissertação (Mestrado - Construção Civil) Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2022.

1. Resíduos da Construção. 2. Obras de Habitação de Interesse Social. 3. Gerenciamento dos Resíduos. I. Engenharia Civil – Dissertação. II. Lafayette, Kalinny Patrícia Vaz (orient.). III. Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Mestrado em Construção Civil. IV. Título.

CDD: 690.028

LUCIANA CÁSSIA LIMA DA SILVA

**ANÁLISE DA GERAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL
EM OBRAS DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL**

BANCA EXAMINADORA:

Orientadora



Profa. Dra. Kalinny Patricia Vaz Lafayette
Universidade de Pernambuco

Examinadores



Profa. Dra. Eliana Cristina Barreto Monteiro
Universidade de Pernambuco



Prof. Dr. Romildo Morant de Holanda
Universidade Federal Rural de Pernambuco

DEDICATÓRIA

“Você não sabe o quanto eu caminhei pra chegar até aqui(...)” (Toni Garrido, Lazão, Da Ghama e Bino Farias). Assim dedico este trabalho a mim e a todos aqueles que estiverem ao meu lado nesta longa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Serei grata a Deus até nos momentos de tempestade, pois ele me tornará forte para atravessar qualquer adversidade. Não podendo esquecer de Maria, minha mãe, que me carrega em seus braços em todos os momentos. E aos meus espíritos de luz que me guiam e me acompanham em todos os passos.

Minha eterna e soberana gratidão aos meus pais (Luciano e Rita), meu irmão (Luciano Junior) e meu esposo (Edson Neto), porque enxugaram todas as minhas lágrimas e me disseram: vai, nós sempre estaremos aqui. Por vocês e para vocês todas as minhas conquistas. Aos meus avôs e tios que me carregaram no braço por uma vida toda e aplaudem todas as minhas conquistas: vó Silva, vó Quina, vó Moacir, Vô Severo e Benedito (in memoriam), tia Katia, tio Claudio, tia Leda.

Agradeço aqueles que me deram os ouvidos e o ombro, porque na vida ninguém é feliz sozinha e ninguém alcançará nada sem bons e verdadeiros amigos/familiares. Obrigada eternamente aos melhores amigos do mundo: Thaiza, Ytainara, Iraneide, Alice, Itauan, Marcel, Iracila, Ricardo, Niedja, Jéssica, Carol, Wanessa, Edésio, Anna Lúcia, Lucas, Lara, Júlia, Thiago, Amaury, Amanda, Irene, Marina, Zé Roberto e todas aqueles que eu aluguei o ouvido por um bom tempo só para reclamar da vida e da loucura.

Agradeço aquela que me escolheu como filha do coração e me ensina muito mais do que o profissional pede de mim. Obrigada, orientadora/mãe/amiga/conselheira, Kalinny, que me acompanha desde 2017 e para todo o sempre. Espero ser metade da profissional que aprendi com você a ser. Obrigada por todo carinho e por toda ajuda, sem você nada disso teria acontecido.

Agradeço a equipe da obra que me auxiliaram a conseguir todos os dados e facilitaram absurdamente na finalização deste trabalho. Ao professor Alexandre Gusmão por me encaminhar a esta obra. E a toda equipe do PEC, principalmente, Dona Lúcia, por me tornar um profissional melhor (técnica e socialmente).

E gratidão enorme a minha capacidade em ser resiliente e buscar sempre o melhor de mim. Com certeza, sem mim, nada teria acontecido.

RESUMO

O setor da construção civil é de grande importância para a qualidade de vida populacional, principalmente através do Programa Minha Casa, Minha Vida, com a construção das residências de habitação de interesse social, mas é necessário chamar a atenção que o sistema de gestão ainda é falho, considerando, a falta de legislações eficientes. O estudo tem como objetivo descrever a geração de resíduos em obras de habitação de interesse social, analisando o quantitativo para cada obra, a etapa que mais produziu resíduos e os pontos que impactaram nesse processo. Foram analisadas 8 obras da “Empresa A” e 1 obra da “Empresa B”, sendo ambas possuidoras da certificação do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade de Habitat (PBQP-h). A “Empresa A” teve como maior geração de resíduos a obra 1, verificando-se uma redução nas demais obras devido a aplicação da metodologia *Lean Construction*. As obras também foram avaliadas em relação a área construída, o número de torres e pavimentos. A etapa de acabamento foi a que gerou maior quantitativo de resíduos (obras 5 e 6). A obra da “Empresa B” gerou 32.440 kg em consequência da execução de assentamento cerâmico na etapa de acabamento. Em relação a energia o maior consumo foi de 4.913 kWh pela necessidade do uso de uma máquina no nivelamento do contrapiso. Para o consumo de água o maior valor foi de 336 m³, devido a necessidade do teste de estanqueidade da piscina. Conclui-se que a geração de resíduos na “Empresa A” e na “Empresa B” seguem a mesma tipologia e a mesma adoção da metodologia de redução de resíduos. Porém, a quantidade de atividades executadas durante a etapa de acabamento é diferente, identificando que a “Empresa A”, em sua maioria, teve como maior geradora de resíduos a etapa de estrutura, enquanto para a “Empresa B”, teve na etapa de acabamento a maior geração de resíduos. Desta maneira, foi possível verificar que não é só a tipologia construtiva e o método de redução de desperdícios que importa na geração de resíduos, mas também é de grande importância o controle na quantidade e tipos de serviços executados durante as etapas construtivas.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos da construção civil, obras de habitação de interesse social, gerenciamento dos resíduos.

ABSTRACT

The building industry is highly important for the population's living conditions, especially through the Minha Casa, Minha Vida program, with the construction of social interest housing, but it is necessary to draw attention to the fact that the management system is still flawed, considering the lack of efficient legislation. The study aims to describe the generation of waste in social housing projects, analyzing the quantity for each project, the stage that has produced the biggest amount of waste, and the points that affected this process. We analyzed 8 construction sites from "Company A" and 1 construction site from "Company B", both certified by the Brazilian Habitat Quality and Productivity Program (PBQP-h). Company A had the highest waste production in construction site 1, with a reduction in the other construction sites due to the application of the Lean Construction methodology. The constructions were also evaluated in terms of the built area, the number of towers and floors. The trim stage was the one that generated the highest amount of waste (constructions sites 5 and 6). The "Company B" work generated 32,440 kg because of the ceramic tile laying during the trim stage. Regarding to power usage, the highest consumption was 4,913 kWh due to the machinery needed to level the subfloor. For water consumed, the highest amount was 336 m³, due to the pools' leakage test. In conclusion, the generation of waste in "Company A" and in "Company B" follow the same pattern and the same approach of waste reduction practices. However, the number of activities performed during the trim stage is different, finding that "Company A", in its majority, had the structure phase as the biggest residue producer, while "Company B", had in the trim stage the biggest residue generation. Thus, it was possible to verify that it is not only the building typology and the waste reduction method that matters in waste generation, but it is also of great relevance the management of the amount and types of services performed during the constructive stages.

Keywords: Construction waste, social interest housing enterprises, waste management

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma com as etapas da pesquisa.....	37
Figura 2 - Mapa de localização das obras.....	39
Figura 3 - Planta baixa de um dos pavimentos.....	43
Figura 4 - Geração de resíduos – Obra 1.....	47
Figura 5 - Geração de resíduos – Obra 2.....	48
Figura 6 - Geração de Resíduos – Obra 3.....	48
Figura 7 - Geração de resíduos – Obra 4.....	49
Figura 8 - Geração de resíduos – Obra 5.....	49
Figura 9 - Geração de resíduos – Obra 6.....	50
Figura 10 - Geração de resíduos – Obra 7.....	51
Figura 11 - Geração de resíduos – Obra 8.....	52
Figura 12 - Comparativo da geração de resíduos na etapa de fundação.....	52
Figura 13 - Correlação da geração de resíduos na etapa de fundação.....	53
Figura 14 - Comparativo da geração de resíduos na etapa de estrutura.....	53
Figura 15 - Correlação da geração de resíduos na etapa de estrutura.....	54
Figura 16 - Comparativo da geração de resíduos na etapa de acabamento.....	54
Figura 17 - Correlação da geração de resíduos na etapa de acabamento.....	55
Figura 18 - Geração de resíduos por fase de obra.....	55
Figura 19 – Preparação do terreno para início da obra.....	56
Figura 20 – Execução da fundação (a); concretagem do radier (b).....	56
Figura 21 - Execução do bloco 3.....	57
Figura 22 – Caçamba com diversos tipos de resíduos.....	58
Figura 23 – Parede em acabamento; falta de colocação de cerâmicas, soleiras e esquadrias ..	58
Figura 24 - Execução cerâmica (a); Execução esquadria de alumínio (b).....	59
Figura 25 - Geração de resíduos.....	59
Figura 26 - Construção do salão de festa.....	60
Figura 27 - Descrição do Kit para fundação.....	60
Figura 28- Identificação das peças (a); retirada do revestimento cerâmico (b).....	61
Figura 29 – Geração de resíduos.....	62
Figura 30 – Identificação dos materiais.....	62
Figura 31 – Geração de resíduos por dia.....	64

Figura 32 - Quantitativo de Funcionários.....	64
Figura 33 - Consumo de Energia.....	65
Figura 34 - Laje do andar inferior ou radier (a); aplicação do contrapiso (b)	66
Figura 35 - Regressão Linear Simples da Quantidade de Funcionários pelo Consumo de Energia.....	66
Figura 36 - Consumo de água.....	68
Figura 37- Regressão linear simples da quantidade de funcionários pelo consumo de água...	68
Figura 38 - Consumo de energia, água e quantidade de funcionários	70
Figura 39 – Custo para coleta e destinação dos resíduos	71
Figura 40 – Custo por etapa.....	72
Figura 41 - Taxa de geração de resíduos por m ²	72
Figura 42 – Geração de resíduos por pavimento	73
Figura 43 – Geração de resíduos por apartamento	73
Figura 44 – Comparação da geração de resíduos na etapa de fundação.....	74
Figura 45 – Comparação da geração de resíduos na etapa de estrutura	75
Figura 46 – Comparação da geração na etapa de acabamento	76
Figura 47 – Comparação da geração total	76
Figura 48 - Medidas Preventivas	77
Figura 49 - Execução das instalações hidrossanitárias.....	78
Figura 50 - Cronograma previsto no planejamento	91
Figura 51 - Cronograma durante a execução.....	91
Figura 52 - Cronograma das fundações executadas	10

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Descrição das normas em âmbito federal.....	24
Tabela 2- Certificações utilizadas na construção civil	31
Tabela 3 – Quantitativos das obras.....	40
Tabela 4 –Planilha da geração de resíduos das obras.....	44
Tabela 5 - Consumo energia, água e quantidade de funcionários	45
Tabela 6 - Estatística da regressão.....	45
Tabela 7 – Análise das Variâncias (ANOVA).....	46
Tabela 8 – Regressores da equação linear	46
Tabela 9 -Estatística da regressão.....	66
Tabela 10 – Análise de variância (Anova)	67
Tabela 11 – Parâmetros de regressão	67
Tabela 12 - Estatística da regressão.....	69
Tabela 13 - Análise da variância (Anova).....	69
Tabela 14 - Parâmetros de regressão	70

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EMLURB	Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NBR	Normas Brasileiras
PAR	Programa de Arrendamento Residencial
PERS	Política Estadual de Resíduos Sólidos
PGRCC	Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
PMCMV	Programa Minha Casa, Minha Vida
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RCC	Resíduos da Construção Civil

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	<i>Justificativa</i>	15
1.2	<i>Objetivos</i>	15
1.2.1	<i>Objetivo geral</i>	15
1.2.2	<i>Objetivos específicos</i>	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	<i>Resíduos Sólidos</i>	17
2.1.1	<i>Definição e Classificação</i>	17
2.1.2	<i>Resíduos Sólidos da Construção Civil</i>	19
2.2	<i>Meio ambiente e a Geração dos Resíduos</i>	20
2.2.1	<i>Impactos Ambientais</i>	20
2.2.2	<i>Sustentabilidade no Canteiro de Obra</i>	21
2.3	<i>Gestão dos Resíduos da Construção Civil</i>	23
2.3.1	<i>Aspectos Legais</i>	23
2.3.1.1	<i>Âmbito Federal</i>	23
2.3.1.2	<i>Âmbito Estadual</i>	25
2.3.1.3	<i>Âmbito Municipal</i>	27
2.4	<i>Consumo de Água e Energia nos Canteiros de Obra</i>	29
2.5	<i>Certificações na Construção Civil</i>	30
2.6	<i>Construção Enxuta (Lean Construction)</i>	32
2.7	<i>Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV)</i>	33
2.8	<i>A Construção Civil e a COVID-19</i>	34
3	METODOLOGIA	37
3.1	<i>Etapa 1</i>	37
3.1.1	<i>Tipologia metodológica</i>	37
3.1.2	<i>Obtenção dos dados</i>	38

3.2	<i>Etapa 2</i>	39
3.2.1	<i>Caracterização das Obras</i>	39
3.3	<i>Etapa 3</i>	44
3.3.1	<i>Análise da Geração de RCC</i>	44
3.3.2	<i>Consumo de água e energia</i>	44
3.3.3	<i>Análise estatística</i>	45
4	RESULTADOS	47
4.1	<i>Geração de Resíduos</i>	47
4.1.1	<i>Correlação da Geração de Resíduos entre as obras</i>	52
4.2	<i>Geração de Resíduos da Obra Acompanhada</i>	56
4.2.1	<i>Análise do Consumo de Energia e Água</i>	64
4.2.2	<i>Custos do RCC</i>	71
4.2.3	<i>Análise comparação entre as Empresas A e a B</i>	72
4.2.3.1	<i>Taxa de geração de resíduos</i>	72
4.2.3.2	<i>Geração de resíduos da construção civil</i>	74
4.2.4	<i>Impactos da Pandemia da COVID-19 nas obras do programa MCMV</i>	77
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
6	SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	81
	REFERÊNCIAS	82
	APÊNDICE A	90

1 INTRODUÇÃO

A construção civil faz parte da História do mundo desde os primórdios da humanidade, visto que grandes obras se mantêm bem conservadas até os dias de hoje. Apesar de contribuir fortemente para a economia mundial (LINS, 2020), este setor impacta negativamente no meio ambiente. A evolução e a mudança de hábito da população são os principais contribuintes para a elevada geração de resíduos e, conseqüentemente, os aumentos nos impactos ambientais (AWOYERA; ADESINA, 2020).

No Brasil, a construção civil foi fortemente executada na época do período colonial, trazendo as características das construções estrangeiras para o nosso país. A outra fase conhecida da construção civil no Brasil foi durante a era Vargas, na década de 1940, e durante o regime militar, na década de 1970, com grandes investimentos para o crescimento do setor. O investimento no âmbito das obras civis foi e é de suma importância para o desenvolvimento do país, sendo um grande influenciador da economia local.

Apesar de toda a melhoria de desenvolvimento local e econômico, a construção civil traz aspectos discutidos como pontos negativos a serem melhorados, sendo eles: consumo dos recursos naturais, modificação do ambiente e geração de resíduos (ABDEL-SHAFY; MANSOUR, 2018). No intuito de reduzir a geração dos resíduos o setor da construção civil busca maneiras de reciclar, reutilizar ou reduzir estes materiais (MARTÍN-MORALES *et al.*, 2013)

Durante muito tempo na construção de obras, foram utilizadas grandes quantidades de recursos naturais, sem qualquer preocupação com os futuros problemas ambientais que seriam gerados, (ROCHA *et al.*, 2016).

Porém, mesmo com as problemáticas que envolvem este setor, as construções de moradias são muito importantes, já que é evidente que houve um aumento da concentração populacional em áreas urbanas (SILVA, 2020), conseqüentemente, o crescimento nas cidades e nos serviços (saúde, transporte e educação) demandou melhorias na infraestrutura e saneamento básico.

Porém, o crescimento populacional não acompanhou o desenvolvimento do serviço público, que ocorreu sem planejamento adequado e que contribuiu para desigualdade social e maior geração de resíduos.

Neste sentido, o Governo Federal em 2009, criou o Programa Minha Casa, Minha Vida programa (PMCMV) que facilitou o financiamento para as famílias, proporcionando a população mais carente, condição de acesso à moradia. Percebendo isso, grandes empresas do ramo da Construção Civil fizeram parcerias com o Governo Federal para receberem os investimentos, e assim terem acesso a esta classe da população.

Além deste programa, entre os anos de 2004 e 2010, houve a ascensão da classe C; seguido da crise econômica de 2014, que causou um grande dano nas vendas imobiliárias e forçou as empresas da construção civil a buscarem novas metodologias de construções, com baixo custo executivo como objetivo de se manterem no mercado. Logo, em sua maioria, estas empresas foram se adequando ao Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV) que, de acordo com a Lei nº 12.424 (Brasil, 2011) cria mecanismos de incentivo à produção e aquisição de unidades habitacionais para famílias de renda mensal até R\$4.650,00.

Portanto, percebendo que o PMCMV estava em evidência e que diversas são as obras executadas pelo programa, o objetivo deste trabalho foi avaliar a geração de resíduos e os impactos provocados com a utilização de novas ferramentas como o sistema Toyota e a metodologia de gestão *Lean Construction* (SILVA *et al.*,2020).

1.1 Justificativa

A pesquisa busca verificar o quantitativo de resíduos gerados em obras de Habitação de Interesse Social, em diversas localidades e o acompanhamento de uma obra no bairro de Candeias, na cidade de Jabotão dos Guararapes.

Atualmente a quantificação da geração de Resíduos da Construção Civil (RCC) em habitações de interesse social é escassa e de difícil acesso. Esta forma de metodologia é bastante interessante, pois é um conjunto de procedimentos de gestão, planejados e implantados para minimizar as perdas, aumentar a produtividade e reduzir a produção de resíduos, desde sua geração até sua destinação final, visando à preservação e qualidade do meio ambiente.

Em relação a preservação e qualidade do meio ambiente é importante gerar um quantitativo inferior de resíduos, que de acordo com Kabirifar *et al.* (2020) pode ser obtido aderindo novas ferramentas e tecnologias na gestão dos resíduos de construção civil.

Desta maneira, o trabalho busca contribuir para um melhor entendimento e identificação da variação de geração de RCC em obras de habitação de interesse social, apresentando indicadores, que irá facilitar o controle das empresas e dos órgãos públicos nas obras com esta tipologia.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral é analisar a geração de resíduos em diferentes etapas do processo construtivo em obras de habitação de interesse social.

1.2.2 Objetivos específicos

Para atender ao objetivo geral proposto, destacam-se os seguintes objetivos específicos:

- Obter o levantamento de dados relacionados à geração de Resíduos da Construção Civil em obras de habitação de interesse social;

- Verificar o quantitativo gerado em cada fase e em diferentes obras e a importância da metodologia *Lean Construction*;
- Acompanhar as etapas construtivas de uma obra e descrever detalhadamente a forma de geração de resíduos;
- Apresentar indicadores relacionados à geração de resíduos para obras de habitação de interesse social.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta a definição e características do RCC, as leis que dão suporte para esta área, os impactos econômicos e ambientais da geração de resíduos, as formas de minimizar os impactos, a definição das obras de habitação de interesse social e as ferramentas e metodologia do sistema de gestão *Lean Construction*.

2.1 Resíduos Sólidos

2.1.1 Definição e Classificação

Os resíduos sólidos possuem diversas definições, como as identificadas pela Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010, e pela Norma Brasileira NBR 10004 (2004a) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

A Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010 (Brasil, 2010) define os resíduos sólidos objetos ou materiais que resultam as vivências sociais humanas e que precisam ser destinados, de forma correta e adequada para a tipologia, independente do seu estado físico e de acordo com soluções técnicas, econômicas e tecnologicamente viáveis. Os resíduos sólidos são classificados de acordo com sua origem e/ou periculosidade.

Em relação à sua origem existem, por definição, onze tipos de resíduos: resíduos sólidos domiciliares (a), de limpeza urbana (b), urbanos (c), de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços (d), de serviço público e saneamento básico (e), industriais (f), de serviço de saúde (g), da construção civil (h), agrossilvopastoris (i), de transportes (j) e de mineração (k).

- a) Os resíduos sólidos domiciliares são originários das tarefas realizadas nas residências;
- b) Os resíduos de limpeza urbana são os originários das limpezas urbanas;
- c) Os resíduos sólidos urbanos são os resíduos oriundo dos serviços residenciais e de limpeza urbana;

- d) Os resíduos de estabelecimentos comerciais são os destinados das atividades de limpeza urbana, de serviços públicos, de transporte, saúde e construção civil;
- e) Os resíduos dos serviços públicos de saneamento básico são originários das atividades de todas as atividades, exceto os sólidos urbanos;
- f) Os resíduos industriais são os gerados nos processos de produção e instalação industrial;
- g) Os resíduos dos serviços de saúde são os gerados nos setores de saúde e necessitam de bastante cuidado, principalmente, no descarte;
- h) Os resíduos da construção civil são os gerados das atividades de construção civil;
- i) Os resíduos agrossilvopastoris são gerados pelos processos agropecuários e silviculturais (cultivos de florestas);
- j) Os resíduos de serviços de transportes são originados de todos os setores de transportes: aéreos, aquáticos e terrestres;
- k) Os resíduos de mineração são provenientes da atividade de extração e beneficiamento dos minérios.

Quanto à periculosidade se dividem em resíduos sólidos perigosos, inflamáveis, corrosivos, tóxicos, reativos, carcinogênicos, entre outros que apresentam riscos à saúde humana e ambiental; e os resíduos sólidos não perigosos, aqueles que não se enquadram nos perigosos, principalmente, originados de atividades residenciais.

A NBR 10004 (ABNT, 2004a, p. 1) descreve: “Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água (...)”.

Os resíduos são explicados pela tipologia e se divide em resíduos perigosos e não perigosos. Os resíduos perigosos são os que ocasionam problemas a saúde pública e ao meio ambiente. A Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010, subdivide a categoria em: tóxicos (a), patogênicos (b), inflamáveis (c), reativos (d) e corrosivos (e).

- a) Os resíduos tóxicos são os, dentre tantas características, que foram comprovados em ser letal a população;

- b) Os resíduos patogênicos são os que têm ou podem ter em suas amostras microrganismos patogênicos capazes de produzir possíveis doenças;
- c) Os resíduos inflamáveis são os líquidos com temperatura de fulgor a 60 °C, não líquidos capazes de produzir fogo, oxidantes que facilitam a combustão e gases comprimidos inflamáveis;
- d) Os resíduos reativos são os matérias que reagem fortemente com a água, produzem explosivos que detonem em contato com a água, são normalmente instáveis, entre outros;
- e) Os resíduos corrosivos são os materiais que produzem PH inferior a dois e líquidos que corroem aço.

Entre os resíduos sólidos não perigosos estão os não inertes e os inertes. Os resíduos sólidos não inertes são aqueles que possuem propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade e solubilidade em água. Os resíduos inertes são aqueles que não solúveis em amostras de água potável.

2.1.2 Resíduos Sólidos da Construção Civil

As principais características dos resíduos sólidos da construção civil constam na resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 307/2002 que tem como intuito estabelecer critérios para os procedimentos de gestão.

De acordo com a Resolução nº307 do CONAMA (2002) os resíduos da construção civil (RCC) são os materiais resultantes de construção, reforma, reparo e qualquer serviço relacionado a este setor, levando-se em consideração desde a preparação do terreno a todas as etapas realizadas posteriormente. A Resolução nº307 do CONAMA (2002) classifica os resíduos como:

- Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:
 - a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
 - b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
 - c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fio etc.) produzidas nos canteiros de obras;
- Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;
- Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;

Classe D: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde (CONAMA, 2002, Art. 3, p.572).

Vale salientar que a Resolução nº431 do CONAMA (2011) altera a Resolução nº307 do CONAMA (2002) no item que classifica o gesso como um elemento da classe C e o reclassifica como sendo um resíduo de classe B.

Relacionando com a classificação dos resíduos sólidos presentes na NBR 10004 (ABNT, 2004a) os resíduos da construção civil se enquadram nos resíduos inertes se não forem contaminantes, mas caso esteja contaminado ou colocado em qualquer outra formatação deverá ser considerado em outro tipo de classificação (LIMA, 2005).

2.2 Meio ambiente e a Geração dos Resíduos

2.2.1 Impactos Ambientais

De acordo com a NBR ISO 14001 (2004b), impactos ambientais são toda modificação no meio ambiente, total ou parcial, oriunda de alguma atividade ou serviço. Assim como as alterações em aspectos físicos, químico e biológico, que afetem a saúde, segurança, bem-estar; atividades socioeconômicas; as condições sanitárias e a qualidade dos recursos naturais (CONAMA nº 001, 1986).

A Construção Civil provoca impactos ambientais por diversos fatores como consumo elevado de energia elétrica, extração dos recursos naturais e disposição final dos resíduos, que podem ser associados à riscos ao meio ambiente e à saúde populacional (ALFAIA; COSTA; CAMPOS, 2017), sendo a deposição irregular o fator mais preocupante (ESA, HALOGA e RIGAMONTI, 2017). A gestão adequada e eficaz dos recursos naturais mitigaria os impactos ambientais e manteria a economia em funcionamento (GARBARINO; BLENGINI, 2013).

Em relação a deposição irregular dos RCD o Brasil, país em desenvolvimento, ainda gera volumosos quantitativos de resíduos, o que é um grande causador dos danos ambientais, assim como, sociais e econômicos (SEROR e PORTNOV, 2018). Além disto, existe a dificuldade da deposição irregular pelas empresas construtoras, que usam da distância entre o canteiro e o

ponto de deposição e/ou o custo da destinação como fatores justificáveis para a forma incorreta de destinar estes materiais (SEROR e PORTNOV, 2018; DUAN *et al.*, 2019).

A construção civil é o ramo que deixa a maior pegada ecológica no planeta, ou seja, deixa o maior rastro de modificação ambiental. Extrai o maior quantitativo de materiais do ambiente, gera cerca de 25% de todo resíduo, utiliza 25% da água cerca de 40 ou 50% da energia total, fazendo-se necessário evidenciar este consumo excessivo e buscar métodos de reduzi-lo, ABREU (2012).

Em relação ao consumo de energia, o setor da construção civil é responsável pelo maior consumo final do mundo, que no Brasil é de aproximadamente 48.5%. Quanto aos recursos naturais a construção civil consome cerca de 50% (CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL - CBCS, 2014) e gera, mundialmente, cerca de 35% do quantitativo total de resíduos (MENEGAKI; DAMIGOS, 2018).

A forma como os resíduos são descartados é o maior impacto ocasionado por estes materiais, principalmente pela ausência de instalações adequadas para coleta, destinação e tratamento. Isto com certeza coloca em risco os ambientes, promovendo enchentes, poluição visual e disseminação de doenças (SRIVASTAVA, 2020; BAKCHAN, FAUST e LEITE, 2019).

No Brasil foram geradas 82,5 milhões de toneladas de resíduos sólidos no Brasil, dentre eles 6,4 milhões não foram coletados. Em relação aos resíduos da construção civil, foram gerados 128.767 por dia, correspondendo a aproximadamente 47 milhões de toneladas, o que equivale a, aproximadamente, 57% do total anual (ABRELPE, 2021). O elevado valor de geração tem poder nocivo nas áreas urbanas, principalmente, para o desenvolvimento local (SINGH, 2019).

Neste contexto se torna necessário compreender o quão impactante o descarte dos resíduos da construção vem sendo ao meio ambiente, desde a sua geração na área urbana até sua logística e destinação final (QUAGLIO E ARANA, 2020).

2.2.2 Sustentabilidade no Canteiro de Obra

A geração de resíduos da construção civil não é algo recente, onde foi constatado que a maior

demanda de RCC se deu durante a segunda guerra mundial, com a reconstrução das cidades, havendo necessidade de dar destino às grandes demolições e o uso excessivo de matérias para reconstrução das áreas devastadas, FARIAS (2013). Essa geração de resíduos será cada vez maior, de acordo com o aumento populacional, que em 2050, poderá ficar entre 5 e 10 bilhões de pessoas (PALANSOORIYA *et al.*, 2019).

Mas esta preocupação e o cuidado com os impactos negativos veio à tona com uma força maior em meados do século XXI, onde a sustentabilidade assume um papel fundamental neste campo e se baseia no desenvolvimento de alternativas ecologicamente corretas, socialmente justas e economicamente viáveis, União Pioneira de Integração Social (2019).

A sustentabilidade é a conservação da realidade a longo prazo, principalmente dos recursos naturais, proporcionando condições necessárias para a sobrevivência das gerações atuais e futuras. Uma das formas sustentáveis que vem se tornando comum é, segundo Silva *et al.* (2019), a de incineração dos resíduos, tornando possível diminuir o volume em até 90% e a massa em até 70%, além da produção de energia e de cinzas (TANG *et al.*, 2020).

Um dos fatores da sustentabilidade se fundamenta nos 3R's (reciclar, reutilizar e reduzir). Categorizando as diretrizes, tem-se: reduzir, elimina ou reduz a destinação dos resíduos optando por produtos mais sustentáveis; reutilizar, reaproveita o material e objeto para outra utilidade; e a reciclagem, que transforma materiais em novos objetos, o que vem poupando a retirada de novos recursos naturais (AMBIENTAL, 2018).

Scheinberg *et al.* (2011) cita que as atividades de reciclagem são fundamentais para a sustentabilidade e a redução dos impactos ambientais, corroborando com os dados de Troschinetz e Mihelcic (2009), onde a reciclagem é um formato sustentável que diminui a disposição dos resíduos em aterros.

Na construção civil a reciclagem se aplica em diversos formatos, sendo um dos mais evidentes a trituração e peneiramento de resíduos de classe A (alvenaria, concreto, cerâmica, entre outros). O ciclo finalizado pela reciclagem dos materiais resulta no desenvolvimento do setor da construção civil (LI *et al.*, 2020).

Em relação a reutilização de materiais produzidos por este setor, o plástico, ao invés de ser

descartado, pode facilmente ser reutilizado como material de isolamento e como agregado do concreto (WHITTAKER *et al.*, 2021). Por fim, reduzir seria a forma mais sustentável, pois está atrelado a diminuição da geração de resíduos. Atrasos, desperdício de material, deterioração das ferramentas e retrabalho são os principais fatores para a geração dos resíduos (THENMOZHI; DIVAKAR, 2020), podendo ser reduzidos significativamente pela adoção das metodologias do sistema *Lean Construction*.

Os 3 R's se referem as diretrizes de orientação, coletiva e individual, sobre procedimentos e atitudes. Em sua maioria estão relacionadas aos resíduos sólidos e às atitudes sustentáveis, como evitar desperdício e a preservação dos recursos naturais. São facetas distintas e, na maioria das ocasiões, são criadas políticas públicas que objetivem uma de cada vez (ESCARIO; RODRIGUEZ-SANCHEZ; CASALÓ, 2020).

Com isso, é possível observar a importância da sustentabilidade na manutenção dos recursos naturais para a geração atual e as gerações futuras. Sendo a reciclagem a diretriz mais utilizada para a renovação dos recursos e a diminuição de acesso a novos recursos naturais.

2.3 Gestão dos Resíduos da Construção Civil

2.3.1 Aspectos Legais

Estar preocupado com o meio ambiente é um cuidado de todos, mas manter o ambiente saudável é um dever da gestão política do país. De acordo com o Artigo 225 da Constituição Federal, todos têm direito a um meio ambiente uniforme, sendo do poder público e da população o dever de defender e preservar no presente para as gerações futuras.

Porém, apesar do cuidado ser imprescindível com o meio ambiente e com a gestão dos resíduos da construção civil vir se fortalecendo, é importante salientar também, que ainda há poucos fundamentos legais para darem embasamento neste tópico. A forma inadequada da gestão dos resíduos e a ausência do tratamento vêm forçando cada vez mais ao poder público, principalmente na esfera municipal, a criar ferramentas específicas para solucionar estes problemas.

2.3.1.1 Âmbito Federal

Quanto aos aspectos no âmbito federal, a Tabela 1, apresenta diversas normas relacionadas aos resíduos da construção civil. A Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, descreve sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), com relação a estão e gerenciamento dos resíduos sólidos, incluindo os resíduos perigosos.

Tabela 1- Descrição das normas em âmbito federal

NORMA (NBR)	TÍTULO	OBJETIVO
NBR 15112	Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação	Descrever todos os passos que devem ser realizados para um melhor controle dos resíduos, sendo eles: isolamento, identificação, memorial descritivo, plano de controle e recebimento dos resíduos, controle de recebimento, controle quantitativo e qualitativo, entre outros.
NBR 15113	Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação	Descrever os requisitos para o projeto, implementação e operação dos aterros, analisando a melhor localização, os acessos, isolamento e sinalização, entre outros.
NBR 15114	Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação	Descrever as fases da reciclagem, de materiais de classe A, tornando-os em agregados a serem reutilizados.
NBR 15115	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos	Descrever as etapas de execução das camadas de pavimentação (subleito, sub-base, base e revestimento primário) com o uso do agregado reciclado executado de acordo com a NBR 15114.
NBR 15116	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos	Descrever os requisitos a serem atendidos para uso dos agregados reciclados em pavimentos e concreto se função estrutural.

Fonte: Autora

Com isso, percebe-se que as normas procuram atender as necessidades das empresas e dos empreendimentos em cuidar do meio ambiente, assim como os aspectos econômicos. Entretanto, a falta de conhecimento sobre o mercado dos agregados reciclados e a dificuldade

no controle reduzem a possibilidade de utilização no mercado da construção civil do Brasil NUNES e MAHLER (2020).

A PNRS, que descreve quem é o responsável por cada plano de gerenciamento de resíduos, comporta ainda outros planos:

- Plano Nacional de Resíduos Sólidos: monitorado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e de responsabilidade da União;
- Planos Estaduais de Resíduos Sólidos: responsabilidade de cada estado;
- Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos: responsabilidade dos municípios;
- Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos: responsabilidade dos geradores.

A resolução nº 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) é o principal instrumento com maior efetividade no que diz respeito aos RCC, estabelecendo diretrizes para a gestão dos resíduos sólidos da construção civil.

A Resolução nº 307/02 do CONAMA tem como meta principal a não geração de resíduos na construção civil, porém, na impossibilidade do cumprimento integral do objetivo, a mesma convencionou ações e obrigações dirigidas tanto ao poder público quanto ao poder privado e que conduzem à redução, à reciclagem (ou reaproveitamento) e à destinação final desses materiais.

De acordo com Paz (2014), o gerenciamento dos resíduos da construção civil, após o surgimento da Resolução CONAMA nº 307, ganhou mais evidência e força, tornando cada vez mais importante os cuidados com a geração dos resíduos.

2.3.1.2 *Âmbito Estadual*

Na PNRS é de responsabilidade dos Estados a elaboração dos projetos e planos de gerenciamento dos resíduos sólidos, inclusive, os de construção civil. As diretrizes do plano estadual visa auxiliar os municípios na elaboração de seus planos municipais. Neste sentido, o art. 17 da PNRS determina que os planos estaduais devem contemplar algumas exigências:

- Diagnóstico, com a identificação dos principais fluxos de resíduos no Estado e seus impactos socioeconômicos e ambientais;
- Metas de redução, reutilização, reciclagem, entre outras, com o objetivo de reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada;
- Metas para o aproveitamento energético dos gases gerados nas unidades de disposição final de resíduos sólidos;
- Metas para a eliminação e recuperação de lixões, associadas à inclusão social e à emancipação econômica de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;
- Programas, projetos e ações para o atendimento das metas previstas;
- Normas e condicionantes técnicas para o acesso a recursos do Estado, para a obtenção de seu aval ou para o acesso de recursos administrados, direta ou indiretamente, por entidade estadual, quando destinados às ações e programas de interesse dos resíduos sólidos;
- Medidas para incentivar e viabilizar a gestão consorciada ou compartilhada dos resíduos sólidos;
- Meios a serem utilizados para o controle e a fiscalização, no âmbito estadual, de sua implementação e operacionalização, assegurado o controle social.

O estado de Pernambuco elaborou a Lei nº 14236, de 13 de dezembro de 2010, (PERNAMBUCO, 2010) denominada de Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS), que descreve todas as etapas da PNRS, visando se adequar às necessidades do Estado Pernambuco.

De acordo com Fernandes (2013) o PERS é uma subdivisão do PNRS, que tem o intuito de se responsabilizar por toda dinâmica de gestão dos resíduos de forma Estadual, a partir dos seguintes itens:

- Produção do projeto de mobilização social e de divulgação;
- Determinação do panorama de diagnósticos dos resíduos sólidos no estado;
- Avaliação e criação de propostas de acordo com os padrões municipais;
- Criação de metas, programas, projetos e ações para uma gestão eficaz dos resíduos sólidos;
- Acompanhamento, controle e avaliação das medidas implementadas.

É perceptível que há uma maior preocupação com a geração dos resíduos, principalmente da construção civil. Além das leis e normas que existem para auxiliar na atenção que deve ser dada a este material, ainda está muito distante de uma situação ideal, porque os resíduos gerados em reformas domiciliares, não são fiscalizados do mesmo modo que os das grandes construtoras, sendo ainda um cuidado muito desigual.

2.3.1.3 *Âmbito Municipal*

No Estado de Pernambuco, a cidade do Recife elaborou planos de gerenciamento dos resíduos, fundamentados nas leis: nº 17.072, de 04 de janeiro de 2005, e nº 18.011, de 28 de abril de 2014.

A lei nº 17.072 (RECIFE, 2005), estabelece as diretrizes e critérios para o programa de gerenciamento de resíduos da construção civil, descrevendo os cuidados com os resíduos:

- Proibição da disposição dos resíduos em volume superior a 100 litros por dia;
- Obrigatoriedade de classificar, separar e identificar os resíduos;
- Os geradores que superam 1,0 m³ de resíduos por dia devem obter a licença e a aprovação para operar, sendo considerados grandes geradores;
- Criação de estações para recebimentos dos resíduos que atendam os geradores inferiores a 1,0 m³ por dia, ou seja, os pequenos geradores.

A lei nº 18011 (RECIFE, 2014), dispõe sobre a Política de Sustentabilidade e de Enfrentamento das Mudanças Climáticas do Recife e dá outras providências. Além de descrever pontos importantes da sustentabilidade, é a criadora do programa de premiação e certificação em sustentabilidade ambiental do Recife proporciona a população e as empresas a vontade de criar novas práticas e ações sustentáveis, beneficiando o meio ambiente e a população como um todo.

Jaboatão dos Guararapes possui a lei nº 112/2001 que descreve o gerenciamento e a execução da coleta, transporte, tratamento e disposição de resíduos sólidos de todas as categorias, incluindo, o setor da construção civil. Determina que a coleta e o transporte podem ser realizados por empresas privadas, porém não será admitido depositar resíduos oriundos de

outros municípios dentro do município de Jaboatão e nem depositar resíduos perigosos sem apresentar a comprovação de que o material depositado é seguro e não apresentará danos futuros (JABOATÃO DOS GUARARAPES, 2001).

Em Camaragibe – PE a lei nº461 na seção VII descreve que cabe ao gerador a remoção dos RCC, através de empresas ou coletas públicas, encaminhar o resíduo para locais previamente autorizados pelo município. No caso de contratar empresas privadas, a mesma deve ser autorizada pelo município tanto para transporte, quanto para a destinação. O município informa as empresas licenciadas e os possíveis endereços de destinação (CAMARAGIBE, 2010).

Porém ainda há diversos municípios sem legislação própria que tenham diretrizes sobre os resíduos sólidos, inclusive o município de Paulista não possui plano municipal de gestão integrada dos resíduos sólidos, coleta seletiva e nenhuma lei municipal de diretrizes.

Além de Recife, Jaboatão dos Guararapes, Camaragibe e Paulista; pode-se avaliar as gestões dos resíduos sólidos nos municípios de Olinda e São Lourenço da Mata. Em relação aos municípios de Olinda e São Lourenço da Mata, assim como Paulista, não há nenhum plano ou lei de gestão de resíduos, seguindo assim a resolução da CONAMA 307 e as diretrizes da PERS.

Estes municípios que não possuem leis ou diretrizes de acordo com Lafayette *et al.* (2018), dificultam as decisões dos grandes geradores em relação ao gerenciamento dos resíduos. Ngoc *et al.* (2019) observam que a ausência de uma definição mais ampla sobre a geração de resíduos, em diversos países, é uma falha do poder político que deveria formular melhor as propostas e projetos.

Logo, percebe-se uma deficiência do poder político em relação a agilizar planos e projetos sobre a gestão dos resíduos da construção civil, principalmente, no aspecto municipal, que de acordo com Koushik *et al.* (2019), são considerados os mais importantes.

2.4 Consumo de Água e Energia nos Canteiros de Obra

As empresas de construção na perspectiva de conseguirem alternativas para redução e otimização do consumo de materiais, energia e água, ressaltam a necessidade de utilização bons níveis de qualidade e eficiência nos processos de racionalização da produção, e tudo isto para preservação do ambiente natural e melhoria da qualidade do ambiente construído, sendo que estas ações podem facilitar a obtenção do desenvolvimento sustentável (VIEIRA, 2018).

O consumo de energia elétrica utilizado na construção civil ainda é considerado ineficiente, durante e após a execução da obra. Esta energia operacional inclui usos para ventilação, iluminação, transporte vertical e diversas outras formas. No que se refere ao consumo de água, a avaliação possibilita identificar possíveis falhas no sistema e verificar padrões de utilização e busca por soluções mais eficazes.

De acordo com ANA (2019) a disponibilidade hídrica no Brasil é em torno de 78.600 m³/s, sendo 65.617 m³/s oriundo da bacia amazônica. Porém a região Nordeste Setentrional (Bahia, Paraíba, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Maranhão e Pernambuco), é a que possui menor disponibilidade hídrica, no qual, 85% do seu território é semiárido.

Porém, apesar deste quantitativo expressivo de água, a distribuição dentro do país não é igualitária. Lopes, Silva Jr. e Miranda (2015) citam que a maior parte da água doce, 68,5%, é disponível na região Norte, o que corresponde a 7% do total populacional; já a região Nordeste, com 29% do total populacional, possui disponibilidade de 3,3% de água doce.

Waterwise (2017) descreve que a construção civil é um setor de alto potencial de consumo de água, já que para o desenvolvimento dos materiais e de processos da construção, como a produção de concreto, é necessário, indiretamente, o uso de água. Portanto, a água no setor da construção é utilizada na produção e manufatura (MARQUES; GOMES; BRANDLI, 2017).

McCormack *et al.* (2007) avaliaram o uso de água em 17 obras diferentes, encontrando como resultado o volume máximo de 20,1 m³/m² de área construída. Bardhan (2011) obteve um consumo de água de 1m³/m² a 2m³/m² de área construída, equivalente de 5% a 10% do valor total de água incorporada ao processo de construção, considerando os serviços inseridos. Santos, Silva e Cerqueira (2015) encontraram consumo de água de 0,83m³/m². Os autores

verificaram que esta variação nos valores é devida a metodologia utilizada e as tipologias das obras. Santos (2014) relata como fatores de desperdício de água nos canteiros são os vazamentos em reservatórios e em tubulações, produção de concreto e argamassa, supressão de poeira e corte, limpeza e diversas atividades durante a execução do empreendimento (WRAP, 2012).

Em relação ao consumo de energia, o setor é responsável por 30% do consumo global. Essa geração impacta negativamente o meio ambiente, uma vez que emite em altas quantidades poluentes como os gases do efeito estufa, UNEP (2019).

No Brasil, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (2021), o consumo de energia reduziu cerca de 0,8%, em relação ao ano de 2020, sendo o correspondente a 621,2 TWh, ou seja, 82,9% do total. Assim, é necessária a atenção deste consumo, visto que a geração, em sua maioria, vem de fontes poluidoras.

Em 2018, a oferta interna de energia elétrica foi de 636,4 TWh, da qual uma parcela de 35,0 TWh foi importada. Esse total equivale a 2,3% da geração mundial (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2021). A preocupação do crescimento contínuo do consumo está relacionada à segurança energética e à necessidade de ampliação da capacidade instalada (FERREIRA NETO; CORRÊA; PEROBELLI, 2019).

2.5 Certificações na Construção Civil

O Sistema Brasileiro de Certificação (SBC) tem como objetivo considerar as necessidades e legislações do nosso território e criar bases para as certificações ambientais. A certificação para a construção civil é um processo que avalia se uma construtora e seus serviços estão em conformidade com os melhores padrões de serviços, atestando a qualidade, a capacitação e a responsabilidade sustentável.

Deste modo, devido a crescente necessidade de mudanças no setor da construção civil são utilizadas diversas certificações, identificadas conforme a tabela 2.

Tabela 2- Certificações utilizadas na construção civil

SISTEMA	DESCRIÇÃO
AQUA (Alta Qualidade Ambiental)	Certificação internacional da construção sustentável desenvolvido a partir da certificação francesa Démarche HQE (Haute Qualité Environnementale). Embasa-se no estudo do local do empreendimento e de seu programa de necessidades, buscando propiciar condições ideais de conforto e saúde para os usuários, respeitando o meio ambiente e a sociedade, atendendo inteiramente a legislação e obtendo viabilidade econômica por meio da análise do ciclo de vida dos empreendimentos (VANZOLINI, 2019)
Selo PROCEL edificações (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica para edificações)	Instrumento do governo brasileiro, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia e executado pela Eletrobras que objetiva identificar as edificações que apresentem as melhores classificações de eficiência energética em uma dada categoria, motivando o mercado consumidor a adquirir e utilizar imóveis mais eficientes. Nos edifícios comerciais, de serviços e públicos são avaliados três sistemas: envoltória, iluminação e condicionamento de ar. Nas Unidades Habitacionais são avaliados: a envoltória e o sistema de aquecimento de água (PROCELINFO, 2019).
LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)	Sistema internacional de certificação e orientação ambiental para edificações. Objetiva incentivar a transformação dos projetos, obra e operação das edificações, com foco na sustentabilidade. Possui práticas obrigatórias e recomendações que devem ser atendidas e o nível da certificação (Certificado LEED, Prata, Ouro e Platina) é definido conforme a quantidade de pontos obtidos (CAMPOS; MATOS; BERTINI, 2009).
Selo Casa Azul	Possui 53 critérios de avaliação, distribuídos em seis categorias que orientam a classificação de projeto em três níveis (Ouro, Prata e Bronze). Busca reconhecer os empreendimentos que adotam soluções mais eficientes aplicadas à construção, ao uso, à ocupação e à manutenção das edificações, objetivando incentivar o uso racional de recursos naturais e a melhoria da qualidade da habitação e de seu entorno. Se aplica a todos os tipos de projetos de empreendimentos habitacionais apresentados à CAIXA para financiamento ou programas de repasse (CAIXA, 2010).
PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat)	Estimula melhorias na qualidade da construção civil através do sistema de avaliação das conformidades das empresas de serviços e obras da construção civil. De acordo com esta certificação se a empresa possuir o nível A o seu sistema de gestão de qualidade e sustentabilidade estão completos.

Fonte: Adaptado de Sugahara, Freitas e Cruz (2021)

Outras certificações de sustentabilidade na construção civil que também incentivam e reconhecem a realização de práticas sustentáveis na gestão de empresas e no desenvolvimento de obras são:

- **ABNT NBR ISO 9001/2015** – Sistemas de gestão da qualidade – Se fundamenta nos princípios da gestão da qualidade em relação ao foco no cliente, sempre atendendo a necessidade do cliente; a liderança, criando as condições necessárias para atingir os resultados esperados; ao engajamento das pessoas, na qual todos precisam estar

engajados em um só propósito; a abordagem de processo, as atividades devem ser geridas e avaliadas antes para um processo mais eficaz; a melhoria, buscando pensamentos contínuos em melhorias e inovações; a decisão baseada em evidência, as decisões devem ser realizadas a partir da avaliação dos dados e das informações e a gestão de relacionamento, busca gerenciar seus relacionamentos tanto com os clientes quanto com os fornecedores.

- **ABNT NBR ISO 14001/2015** – Sistemas de gestão ambiental - é uma norma internacional que define um sistema de gestão ambiental eficaz. A ISO é baseada no ciclo PDCA (plan, do, check, act) o que projeta uma responsabilidade ambiental a ser alcançada pela empresa.
- **ABNT NBR 15575/2013** – Edificações habitacionais – Trata dos requisitos necessários para sistemas estruturais, de pisos, de vedações internas e externas, entre outros. Estes requisitos estão divididos em três categorias: segurança, sustentabilidade e habitabilidade; no qual o empreendedor deve atender os níveis mínimos dos critérios exigidos.

2.6 Construção Enxuta (Lean Construction)

A *Lean Production* (produção enxuta) surgiu em meados dos anos 50 no Japão, mas se consolidou nos anos 80, a partir de uma necessidade de produção em massa que tornasse as empresas mais competitivas. De acordo com Demirkesen (2021), o conceito *Lean* é a mudança na forma de negociar, observando o trabalho dos funcionários e as operações em cadeias, resultando assim na diminuição de desperdício, gastos e aumento da produtividade.

A Produção Enxuta tem como principal tipologia o sistema Toyota de construção e que tem como objetivo aumentar a eficiência pela redução completa ou parcial dos desperdícios. A partir disto foi criada em 1988, o termo *Lean Thinking* (Metodologia *Lean* /enxuta).

Esta metodologia se fundamenta em cinco princípios:

- **Especificar o valor do produto**, que deve ser determinado pelos clientes;

- **Identificar a cadeia de valor**, verificando as ações que criam ou não criam valor e que podem ou não ser evitadas;
- **O fluxo de valor sem interrupções**, considerando fluxo contínuo sem *stocks* e sem interrupções durante o processo;
- **O cliente puxando a geração do produto**, ou seja, não produzir sem haver necessidade e sim produzir e entregar de acordo com a necessidade do comprador;
- **A busca pela perfeição**, a busca por uma melhoria contínua sempre se mantendo no mercado (ARANTES, 2008).

A partir de toda a conceituação e na busca de uma construção sem desperdícios, rápida, eficaz e de baixo custo, a construção civil vem aderindo a metodologia *Lean Construction* (Construção enxuta). Singh e Kumar (2020) descreve que a construção civil é um ramo muito fragmentado, onde há vários interessados envolvidos no decorrer da construção e cada um apenas contribui com a sua parte, deixando o resto para os que virão em seguida. Assim, é importante que haja uma boa comunicação entre os setores envolvidos, para que as etapas sejam desenvolvidas com qualidade e eficácia.

Além do fator econômico a metodologia *Lean* impacta significativa na sustentabilidade. A china vem buscando melhorar a ecologia mundial, pois considera importante a preocupação com o meio ambiente. Para isso, adotaram a metodologia *Lean* e suas tecnologias, com o intuito de reduzir desperdícios, evitar a geração de resíduos e a destinação inapropriada e, conseqüentemente, reduzir os impactos ambientais negativos (FANG, LI E WU, 2020).

2.7 Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV)

O poder público, através da preocupação em fornecer uma moradia adequada para a população de baixa renda, algumas leis (lei nº 10188, de 12 de fevereiro de 2001; a lei nº 11977, de 07 de julho de 2009 e a lei nº 12424, de 16 de junho de 2011) com o objetivo de disponibilizar subsídios financeiros para a compra ou reforma de um imóvel.

A lei nº 10188 (BRASIL, 2001), descreve sobre o Programa de Arrendamento Residencial (PAR), que versa sobre o atendimento necessário para a população de baixa renda, em relação ao arrendamento ou compra de imóveis e terrenos. O PAR fornece ao comprador, no final do prazo, a possibilidade de adquirir o imóvel em questão. Foi o programa que antecedeu o

modelo do PMCMV que, atualmente, é de grande importância pelo quantitativo de unidades contratadas (MELLO; SANTOS R.; SANTOS C., 2016).

A criação do PMCMV se baseia no PAR sendo oficializada a partir da Lei de nº 11.977 (BRASIL, 2009), com alterações com a Lei nº 12.424 (BRASIL, 2011):

O Programa Minha Casa, Minha Vida - PMCMV tem por finalidade criar mecanismos de incentivo à produção e aquisição de novas unidades habitacionais ou requalificação de imóveis urbanos e produção ou reforma de habitações rurais, para famílias com renda mensal de até R\$ 4.650,00 (quatro mil, seiscentos e cinquenta reais) (BRASIL, 2009, Art. 1, p.1).

De acordo com a Comissão de Indústria Imobiliária (CBIC, 2019), no decorrer dos 10 anos da implantação do PMCMV, foram construídas 5.567.032 habitações, contribuindo com a contratação de 3,5 milhões de trabalhadores e gerando um tributo de quase 51 bilhões de reais. Além de ser de grande importância para o mercado imobiliário, representa 2/3 das unidades vendidas e/ou produzidas, e confirma a necessidade para a manutenção dentro da economia. A partir de 2020 o PMCMV passou a ser denominado como Casa Verde e Amarela, no qual foram entregues 1,2 milhões de imóveis até o ano de 2021, sabe-se também que o a renda necessária para participar deste projeto é de até R\$7.000,00 (ALVES, 2022).

2.8 A Construção Civil e a COVID-19

A COVID-19 se caracteriza como uma doença emergente, ocasionada pelo vírus SARS-CoV-2, e foi considerada uma pandemia que teve um impacto significativo no setor da construção civil, no período em que as restrições estabelecidas pelo governo foram mais incisivas. Uma das medidas de controle da COVID foi o isolamento social, que se apresentou de forma eficaz na contenção de sua transmissão. Entretanto, essa medida afetou negativamente a economia, tendo em vista que os setores primários, secundários e terciários, tiveram suas atividades reduzidas.

No Brasil, os estados entraram em *Lockdown*, que foi um *confinamento* rigoroso para redução da proliferação do vírus. Isto causou uma parada na economia brasileira, um quantitativo alto de desemprego e um aumento da população em nível de miséria. De acordo com o IBGE (2021a), o Brasil, em 2020, atingiu uma média de desemprego de 13,9%, equivalente a 13,4 milhões de pessoas desempregadas, sendo a maior taxa desde o ano de 2012.

Com o alto índice de desemprego e o estado em *lockdown* a população não podia buscar outras formas de ganhar dinheiro, conseqüentemente, não conseguia suprir as necessidades básicas de vida, como moradia adequada e alimentação. Isto impactou negativamente o resultado do PIB no Brasil que caiu 4,1%, contabilizando a menor taxa desde 1996 (IBGE, 2021b).

O setor da Construção de início não foi considerado essencial e durante o período de maio a junho de 2020, em Pernambuco, toda a área foi proibida de funcionamento, gerando na suspensão de contratos, férias coletivas, redução das jornadas de trabalho, alto custo da matéria prima e queda nas vendas imobiliárias (CBIC, 2020), o que impactou negativamente na renda e na vida dos funcionários.

Com o agravamento da pandemia o governo federal decretou em maio de 2020 no Diário Oficial da União (DOU), o Decreto Federal nº 10.342/20, que regularizou a essencialidade das atividades da construção civil, o que minimizou as perdas durante a pandemia, devido a necessidade de construção, adaptação e reformas de hospitais, além de outros tipos de obras de interesse coletivo. Diante disso, as empresas buscaram alternativas, como planejamentos estratégicos de seus negócios para adequar a nova forma de atendimento a seus clientes, e cumprindo medidas de prevenção do contágio entre os funcionários.

Desta maneira, o Ministério da Saúde (2020) descreveu as medidas que deveriam ser adotadas em qualquer setor durante a pandemia:

- Lavar com frequência as mãos ou higienizar com álcool em gel;
- Evitar tocar olhos, nariz e boca com as mãos sujas; manter distanciamento de 2 metros;
- Evitar contato físico;
- Higienizar insumos e ambientes utilizados;
- Não compartilhar objetos de uso pessoal;
- Utilizar máscaras cobrindo nariz e boca.

Esta transformação cultural devido aos novos hábitos de proteção contra o coronavírus estimulou a necessidade de investimento e impulsionou o crescimento no ambiente principalmente da construção civil.

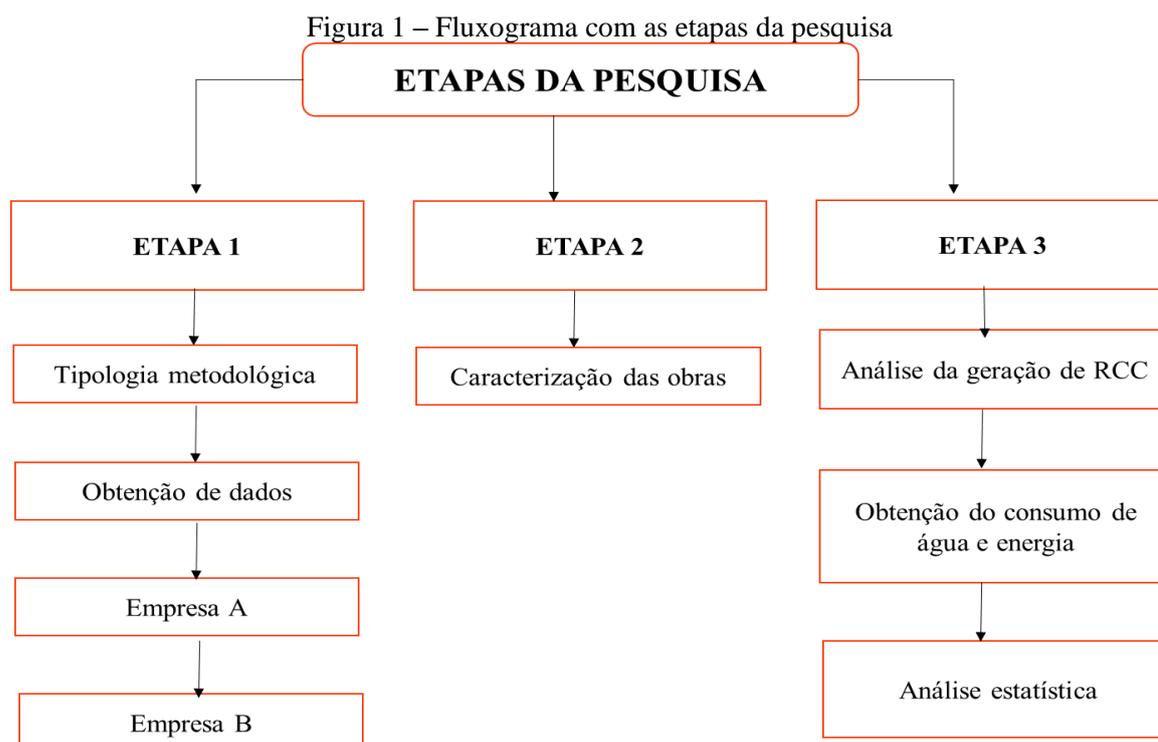
Mendonça et al. (2021) constataram que a indústria da construção civil se adaptou às restrições impostas em meio a pandemia e demonstrou ser um setor extremamente importante para a economia brasileira, onde mesmo durante a referida crise sanitária, auxiliou na ampla criação de empregos e obteve êxito financeiro

Refkalefsky (2021) descreveu que ocorreu uma redução na atividade da construção refletida no número de vendas e lançamentos imobiliários. No entanto, em meados de 2020, as vendas voltaram a crescer, de forma que foi possível encerrar o ano de forma considerada satisfatória. Isto também foi percebido por Gullo (2020), que acompanhou a evolução de vendas nos setores industrial, atacado e varejo dentro da economia brasileira., resultando a princípio em queda brusca, no momento das medidas restritivas e mudança com a flexibilização principalmente nos hábitos de consumo.

Gomes e Longo (2020) também consideram o setor da construção civil um dos mais atrasados tecnologicamente e neste cenário a indústria 4.0 teve um impacto significativo na automação e na produtividade, pois aumenta a eficiência do uso de recursos e no desenvolvimento de produtos em larga escala. Entretanto há uma preocupação com a diminuição das vagas de empregos, e isto exige um novo perfil de profissional que saiba lidar com as novas tecnologias, o que necessitará um maior preparo e conhecimento técnico do profissional.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo serão apresentados os procedimentos adotados para a formulação do índice de geração de resíduos em obras de habitações de interesse social, incluindo as etapas de acompanhamento da obra, para posterior análise em cada etapa (Figura 1).



Fonte: Autora

3.1 Etapa 1

3.1.1 Tipologia metodológica

Sabe-se que as pesquisas possuem diferentes critérios de classificação com relação a natureza; quanto a temporalidade; aos objetivos e procedimentos de coleta.

Em relação a natureza Apollinário (2004) descreve dois tipos de pesquisa: qualitativa e quantitativa. A pesquisa qualitativa prevê uma análise hermenêutica, ou seja, baseada na interpretação do autor sobre o estudo. Neste tipo de estudo não é necessário avaliar apenas o valor numérico, podendo levar em consideração apenas os fenômenos naturais ou físicos. A pesquisa quantitativa lida com fatos, ou seja, as variáveis serão obrigatoriamente determinadas por medidas calculadas matematicamente.

Apollinário (2004) também descreve sobre a temporalidade, que pode ser realizado de forma longitudinal ou transversal. A longitudinal busca avaliar uma variável, em um grupo específico de dados, com duas ou mais mensurações ao longo do tempo. Porém a temporalidade transversal identifica a mesma variável numa única mensuração, em grupos diferentes; ou seja, o período de tempo permanece, mas os grupos de estudo variam.

Quanto ao objetivo Gil (2002) subdivide em três tipos: descritivo, explicativo e exploratório. O descritivo busca apresentar as características das possíveis variáveis; o explicativo descreve todos os porquês que alcancem aquele determinado conhecimento; o exploratório auxilia o pesquisador a ampliar e compreender melhor um determinado assunto. Gonsalves (2003) cita também a pesquisa experimental, que submete um fenômeno ou estudo a diversas experiências comprovatórias.

O estudo conforme os procedimentos de coleta se subdividem em: bibliográfico, que de acordo com Dalberio O. e Dalberio M. (2009) utiliza fontes bibliográficas ou materiais elaborados para fundamentar sua pesquisa; estudo documental, que segundo Gil (2002) explora as informações e fundamenta seu estudo em documentos públicos; o experimental, que estuda um fenômeno de forma controlada, verificando através de experimentos as relações entre o subjetivo e o real. O procedimento de levantamento investiga uma determinada população através de coleta de dados; e por último o estudo de caso, que analisa de forma abrangente e completa um caso específico para aderir conhecimentos sobre suas causas (VERGARA, 2006).

Desta maneira, a pesquisa seguirá a metodologia de natureza quantitativa, com temporalidade longitudinal, de objetivo exploratório e o procedimento de coleta do tipo estudo de caso.

3.1.2 Obtenção dos dados

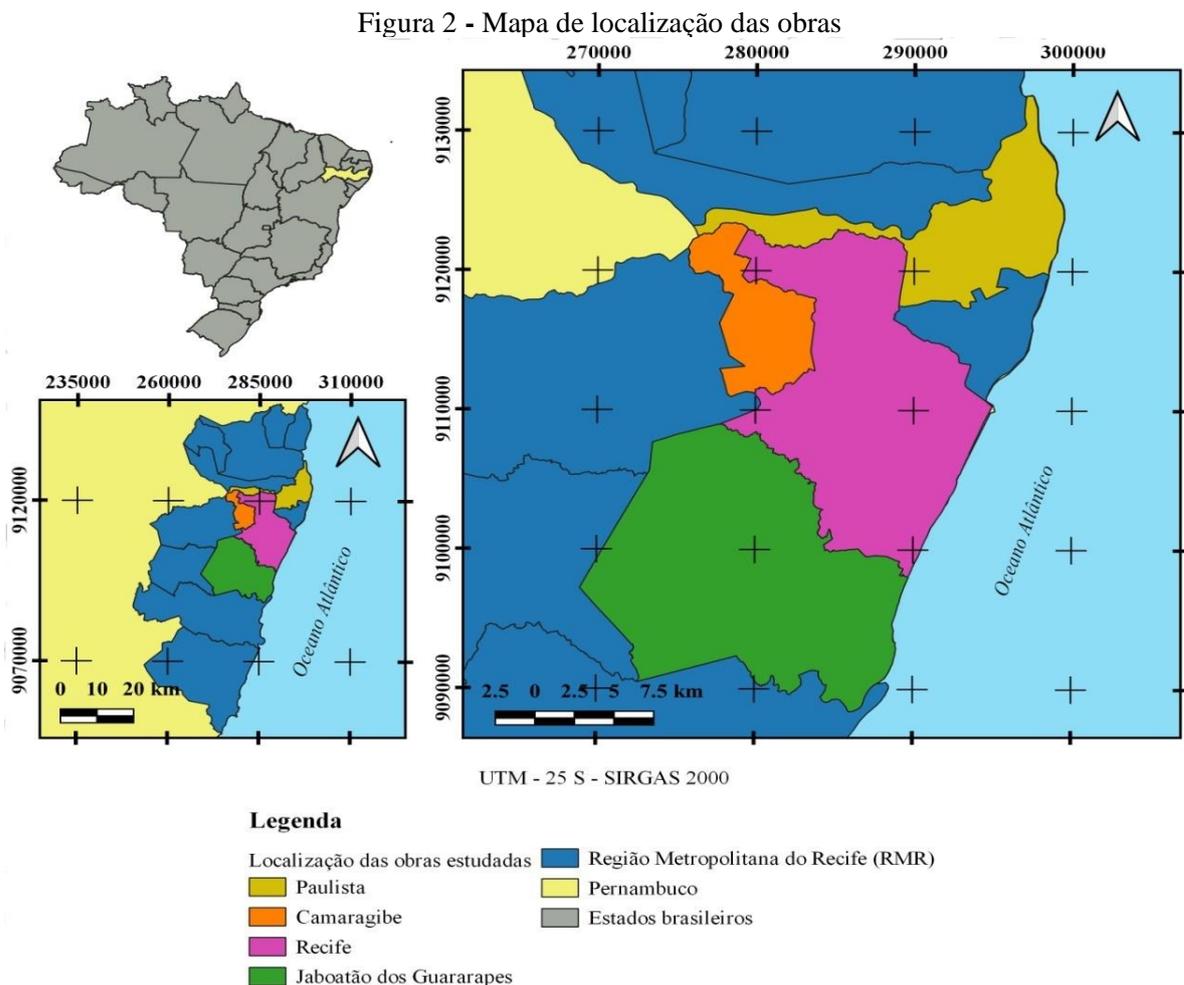
Na “Empresa A” foram obtidos os dados de geração de resíduos e esta não separava os resíduos por coleta seletiva, dificultando os estudos por classificação dos materiais. Para a “Empresa B” a coleta dos dados foi feita durante o acompanhamento da execução da obra. Durante a execução da obra teve início o processo de coleta seletiva, facilitando a análise da classificação dos materiais gerados. Foram também acompanhados os valores de consumo de água e energia.

Vale salientar que ambas as empresas possuem certificações do tipo PBQP-H e que a “Empresa A” possui uma particularidade em relação a empresa B. Durante seu processo construtivo as etapas de estrutura e acabamento foram executadas simultaneamente, fazendo com que a empresa considere os resíduos gerados como oriundos da etapa de estrutura.

3.2 Etapa 2

3.2.1 Caracterização das Obras

As obras estudadas se localizam na Região Metropolitana do Recife (RMR), nos municípios de Camaragibe, Paulista, Jaboatão dos Guararapes e Recife (Figura 2). As identificações das obras (1,2, 3...), foram feitas de acordo com a sua construção. Foram analisadas 8 obras, com a mesma tipologia, de acordo com as descrições (Tabela 3).



Fonte: Autora

Tabela 3 – Quantitativos das obras

OBRA	LOCAL DA OBRA	ÁREA CONST. (m ²)	FUNDAÇÃO	TIPO DE ESTRUTURA	CONCLUSÃO DA OBRA	TEMPO DA COLETA DE RESÍDUOS	NÚMERO DE TORRES	PAV/ APT POR TORRE	QNTº DE APT.
1	Alberto Maia - Camaragibe	13770,06	Radier	Parede de Concreto	10 meses	6 meses	16	4/4	256
2	Guabiraba – Recife	13666,08	Radier e Radier Estaqueado	Parede de Concreto	11 meses	8 meses	16	4/4	256
3	Maranguape I- Paulista	13374,40	Radier	Parede de Concreto	12 meses	7 meses	20	4/4	320
4	Abrolhos – Jaboatão dos Guararapes	9542,8	Radier e Radier Estaqueado	Parede de Concreto	9 meses	6 meses	11	4/4	176
5	Tejipió - Recife	17.162,82	Radier e Radier Estaqueado	Parede de Concreto	11 meses	6 meses	18	5/4	360
6	Maranguape I- Paulista	12.381,18	Radier	Parede de Concreto	10 meses	6 meses	20	4/4	320
7	Alberto Maia - Camaragibe	9.786,81	Radier e Radier Estaqueado	Parede de Concreto	8 meses	5 meses	12	4/4	192
8	Bulhões – Jaboatão dos Guararapes	20.439,16	Radier e Radier Estaqueado	Parede de Concreto	11 meses	7 meses	20	4/4	320
9	Jaboatão dos Guararapes	15.421,28	Radier com estacas pré-moldadas	Parede de Concreto	18 meses	17 meses	7	5/8	280

Fonte: Autora

As obras 1 e 7 se localizam no Município de Camaragibe, no bairro Alberto Maia com cerca de 158.899 habitantes. De acordo com o IBGE (2020) a renda mensal média da população, em 2018, é de 1,9 salários mínimos. Logo, a população desta região representa a classe E, até R\$2090,00, sendo uma área considerada com necessidade para a construção de Habitações de Interesse Social.

As obras 2 e 5 se encontram nos bairros da Guabiraba e Tejipió, respectivamente. Os dois bairros fazem parte da cidade do Recife, que tem um total de 1.653.461 habitantes e uma área de 218.843 km². O bairro de Guabiraba possui um total habitacional de 6.330 habitantes e uma área de 46,17 km². Em relação ao total domiciliar o bairro possui 1.779 domicílios e uma renda média mensal de R\$1.159,26 reais, sendo considerada uma população de baixa renda e que se adéqua no programa de habitação social.

O bairro de Tejipió possui uma área de 0,94 km² e 8.918 habitantes. Possui um total de 2.682 moradias e uma média de renda mensal de R\$2.118,10 reais, que se enquadram na classe D, com renda entre R\$2.090,01 e R\$ 4.180,00.

As obras 3 e 6 estão situadas no bairro denominado de Maranguape I, localizados no município de Paulista, entre os municípios de Olinda e Abreu e Lima, com área de 93,52 km² e uma população estimada de 316.719 habitantes.

As obras 4 e 8 estão localizadas no município de Jaboatão dos Guararapes, nos bairros de abrolhos e bulhões, respectivamente, com total de 258,7 km², dividida em 23,6 km² de área urbana e 233,7 km² de área rural. A região possui um total populacional de 697.636 habitantes. O município possui 197.047 domicílios e uma renda média mensal domiciliar entre 1 e 2 salários mínimos.

Apesar de algumas obras terem sido realizadas no mesmo município a sequência do estudo foi relacionada ao tempo de construção. As obras 1,2 e 3 foram construídas no ano de 2017; a obra 4, 5 e 6 no ano de 2018 e a obra 7 e 8 no ano de 2019.

Em relação ao método construtivo da empresa, a mesma aderiu ao método Toyota, que está relacionado a uma construção como fábrica, ou seja, seguindo uma sequência. Logo, a construção se inicia com a etapa de fundação e preparação para receber a estrutura e por fim a etapa de acabamento.

A etapa de fundação foi terceirizada e possuía apenas um mestre de obra, o gestor de obra e alguns estagiários para acompanhamento. Nesta etapa foram executadas as calçadas, piso, todas as áreas comuns, toda parte hidráulica e elétrica de ligação para os prédios e, principalmente, as fundações. Nenhuma das obras estudadas utilizou do método de viga baldrame. Além de não possuir piscina, nem quadra de esportes.

A etapa de fundação tinha um prazo de três meses para limpeza e terraplanagem do terreno e tinha um mês para concluir 2 fundações, pois era exatamente o tempo da equipe de estrutura iniciar os trabalhos. Porém, diferente da equipe de estrutura e de acabamento, a equipe terceirizada ficava até a entrega do condomínio.

A etapa de estrutura utilizada na obra é de parede de concreto com forma de alumínio, que obrigatoriamente executará 4 apartamentos por dia, durante 6 dias na semana, e por um período de 2 a 3 meses. Após a execução de 4 torres, a equipe de acabamento inicia o serviço.

Em relação a coleta de dados para estudo a “empresa A” disponibilizou um documento no final da execução do empreendimento, onde continha o total de resíduos gerados por mês e a etapa construtiva. Vale salientar que a etapa de estrutura e acabamento aconteceram simultaneamente, durante 2 meses. Porém, por não possuir coleta seletiva, a empresa registrava todo resíduo gerado de forma simultânea como resíduos oriundos da etapa de estrutura. Os resíduos gerados pela etapa de acabamento era apenas contabilizado após a conclusão da etapa de estrutura.

Enquanto a etapa de estrutura mudava o projeto e a forma construtiva de acordo com a obra, a etapa de acabamento segue o mesmo padrão durante todas as obras. Assim, por ter um padrão em todas as obras a etapa de acabamento tem mais facilidade em se adaptar a metodologia *lean construction* e o sistema de redução de resíduos.

A etapa de acabamento é exclusiva para as áreas internas das torres, ou seja, dentro dos apartamentos, que possuem uma área de 37m² e um hall 19 m². Os serviços executados constam de colocação de 5 janelas, 1 tanque, 2 pias, privada, impermeabilização em todos os ambientes, massa corrida e pintura das paredes e teto, pintura das portas, acabamentos elétricos e hidráulicos e revestimento cerâmico apenas no piso da cozinha e no piso e parede do banheiro.

Para todos os serviços executados os materiais são separados, cortados e montados antes, economizando tempo e evitando desperdícios. A empresa possui as certificações da ISO 9001 e da PBQP-h e na busca de se tornar uma empresa renomada na área da sustentabilidade, começou a realizar a coleta seletiva no ano de 2019 e a possibilidade de logísticas reversas.

A “Empresa B”, que foi acompanhada, dispõe de diversos ambientes de lazer (piscina, salão de festa, sala multiuso, churrasqueira, praça, playground, entre outras). A obra se localiza no município de Jaboatão dos Guararapes, em um terreno com área de 10.208,40 m², tendo como área total de construção 15.421,28 m² e solo natural ocupando um espaço de 3.586,36 m². A

obra possui 7 torres com 5 pavimentos (térreo + 4), 8 apartamentos por pavimento, conforme Figura 3, e totaliza 280 apartamentos.

Figura 3 - Planta baixa de um dos pavimentos



Fonte: Autora

Iniciada no dia 01 de agosto de 2020, com conclusão em 28 de abril de 2022, possuía em cada apartamento 47 m² de área distribuídos nos ambientes constituídos de varanda, sala, cozinha e área de serviço, dois quartos e um banheiro. A obra da “Empresa B” segue as etapas de fundação, estrutura e acabamento, deixando evidente quais resíduos foram gerados em cada etapa.

Na etapa de fundação todos os radiers foram estaqueados e a etapa de estrutura também segue o padrão de parede de concreto com forma de alumínio. Porém a etapa de acabamento tem mais serviços e mais detalhes, ou seja, uma tendência maior de geração de resíduos.

A fundação estava prevista para iniciar em setembro e finalizar em novembro de 2020, a estrutura iniciava em novembro de 2020 e finalizava em março de 2021 e o acabamento iniciava em março de 2021 e finalizava em outubro de 2021. Porém com os problemas de falta de material e ajustes provocados pela COVID 19 todos os prazos foram alterados. Logo, a etapa de fundação finalizou em abril de 2021, a etapa de estrutura finalizou em julho de 2021 e a etapa de acabamento finalizou em abril de 2022.

A empresa obteve a certificação PBQP-H e alguns prêmios como melhor construção do Programa Minha Casa, Minha Vida, buscando, desta maneira ser uma empresa eficiente na área da sustentabilidade.

3.3 Etapa 3

3.3.1 Análise da Geração de RCC

Foram identificados dados referentes a geração de resíduos (data de coleta de resíduos, a fase da obra, volume da caçamba, tipo de resíduo, classe, valor e destinação final), conforme apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 –Planilha da geração de resíduos das obras

Data da coleta	Fase	Volume da caçamba (m³)	Quant. coletada (kg)	Tipo	Classe	Destino
18/01/2018	Fundação	7	3100	Entulho	Classe A	UTR PAULISTA
18/01/2018	Estrutura	7	2000	Metal	Classe A	UTR PAULISTA
07/02/2018	Acabamento	7	8090	Entulho	Classe A	UTR PAULISTA

Fonte: Autora

Inicialmente foi avaliada qual a etapa (fundação, estrutura ou acabamento) de maior geração em cada obra e depois a comparação da geração de resíduos em todas as obras, por etapa construtiva executada.

Na empresa B foi analisada a geração de resíduos e os custos em cada etapa, e por mês, além da relação quantitativa entre o gerado e o programado pelo PGRCC. Foi possível também verificar os impactos da COVID 19 no cronograma de execução da obra.

3.3.2 Consumo de água e energia

Na empresa B também foram coletados os dados do consumo de água e de energia e o quantitativo de funcionários, conforme da Tabela 5, sendo acompanhada até a conclusão dos empreendimentos.

Tabela 5 - Consumo energia, água e quantidade de funcionários

Mês	Energia (Kwh)	Água (m ³)	Quantidade de funcionários
Ago/20	476	5	13
Set/20	667	28	24
abr/22	835	205	4

Fonte: Autora

A partir dos dados obtidos foi avaliada a possível relação entre a quantidade de funcionários e o consumo de água e energia.

3.3.3 Análise estatística

Análise estatística foi feita para avaliar a relação entre duas variáveis através da regressão linear simples. Para a empresa A foram avaliadas as possíveis regressões das obras em cada etapa construtiva. Para a empresa B determinados os dados amostrais como consumo de energia, consumo de água e quantidade de funcionários.

Os dados foram coletados durante 16 meses e avaliados no início de cada mês. A estatística de regressão (Tabela 6) mostra o coeficiente de determinação (R^2) e o erro padrão da amostra.

Tabela 6 - Estatística da regressão	
<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,74
R^2	0,55
R^2 ajustado	0,44
Erro padrão	34,76
Observações	6

Fonte: Autora

De acordo com Sell (2005) o valor de R múltiplo (Tabela 6) representa a medida de valor de aderência dos dados para o modelo de regressão linear. O valor de R^2 determina a qualidade do ajuste do modelo, ou seja, quanto mais próximo da unidade estiver seu valor, melhor a qualidade do ajuste. O valor de R^2 ajustado é a medida de grau, para uma possível regressão múltipla, que precisa ser ajustada a partir do valor do R múltiplo e o erro padrão explica a variação de uma média dos dados em relação à média geral, servindo para verificar a confiabilidade dos dados.

Para avaliar se a regressão do tipo linear é confiável, é preciso testar a hipótese nula de não representatividade do modelo, a qual é rejeitada a um nível de significância de 5%. Se a significância do modelo (F de significação) for menor ou igual a 5%, pode-se então afirmar que a equação gerada é representativa (Tabela 7).

Tabela 7 – Análise das Variâncias (ANOVA)

	<i>Grau de liberdade</i>	<i>Soma dos Quadrados</i>	<i>Quadrado Médio</i>	<i>Estatística F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	5965,74	5965,74	4,94	0,09
Resíduo	4	4833,10	1208,27		
Total	5	10798,83			

Fonte: Autora

Na Tabela 7 os graus de liberdade são os valores oriundos do quantitativo de dados. A soma dos quadrados mede a variação dos dados e o quadrado médio estuda a razão entre a soma dos quadrados e os graus de liberdade. A estatística F testa o efeito das variáveis, ou seja, se algum dado independente (X) explica o valor dependente (y).

Para a análise completa da regressão linear e a verificação da aderência foi preciso identificar os valores contidos na Tabela 8.

Tabela 8 – Regressores da equação linear

	<i>Coeficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>Intervalo de Confiança 95% inferiores</i>	<i>Intervalo de Confiança 95% superiores</i>
Quantidade de funcionários (a)	0,93	0,42	2,22	0,09	-0,23	2,10
Interseção (b)	5,86	30,89	0,19	0,86	-79,91	91,63

Fonte: Autora

A tabela 8 descreve os coeficientes **a** (quantidade de funcionários) e **b** (interseção); erro padrão; estatística T (*Stat t*) de cada regressor e o Valor-P, que constitui o principal parâmetro para análise da importância da variável independente na formação do valor da variável dependente.

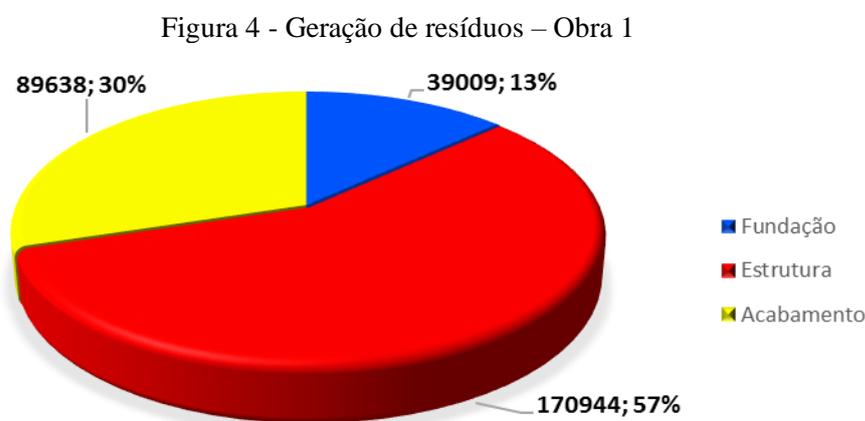
Obtendo-se um valor-P menor ou igual a 5% para o regressor, é possível afirmar, com 95% de certeza, que a variável independente considerada no modelo de regressão, tem importância na formação do valor da variável dependente.

4 RESULTADOS

Neste capítulo foram analisados os dados coletados nas oito obras da Empresa A, descrevendo a geração de resíduos, a taxa de geração de resíduos pela área, quantidade de torres, pavimentos e apartamentos. Para a “Empresa B” foram identificados os quantitativos de resíduos gerados por etapa, e o consumo de energia e água.

4.1 Geração de Resíduos

Foram coletados, da empresa A, dados da geração de resíduos de 8 obras, no qual a obra 1 foi considerada como obra piloto para a implementação da gestão *Lean Construction*. Foi verificado que a geração excessiva de resíduos, pode ser explicada principalmente pela dificuldade de adaptação da equipe com a nova metodologia construtiva. Entretanto, outros fatores também contribuíram, mesmo que em menor escala como mobilidade das máquinas, espaço de armazenamento, clima, entre outros, conforme Figura 4.



Fonte: Autora

O total de resíduos gerados por esta obra foi de 299.591 kg. É possível verificar que a etapa de maior geração de resíduos foi a de estrutura, seguida da equipe de acabamento, que teve mais facilidade com a nova metodologia construtiva, por ser uma equipe nova, contratada e treinada para os serviços específicos. Quanto ao tipo de fundação foi apenas de radier, o que gerou menos resíduos que os demais tipos de fundação.

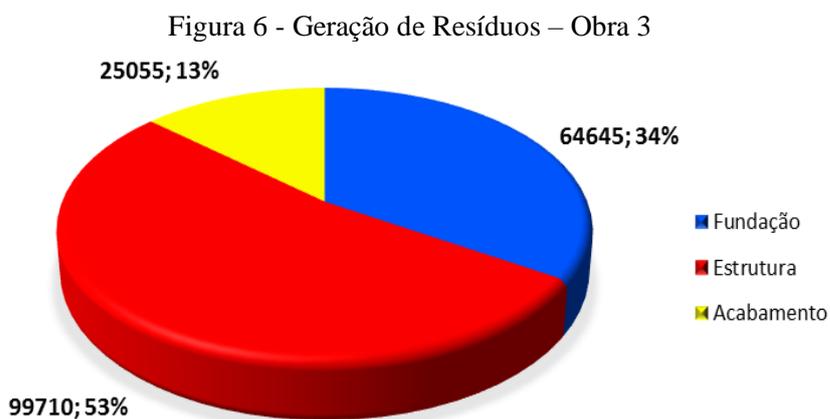
A obra 2 com total de resíduos gerados de 248.053 kg, verificou-se que já estava aderindo a nova metodologia, reduzindo a geração dos resíduos (Figura 5), apesar da mesma sofrer

alterações dos projetos. A equipe de acabamento, continuou a reduzir a geração de resíduos principalmente pela melhor aderência e padronização de execução dos serviços. Com relação a fundação, esta gerou mais resíduos que a obra 1, pois foi adotado radier estaqueado com hélices contínuas.



Fonte: Autora

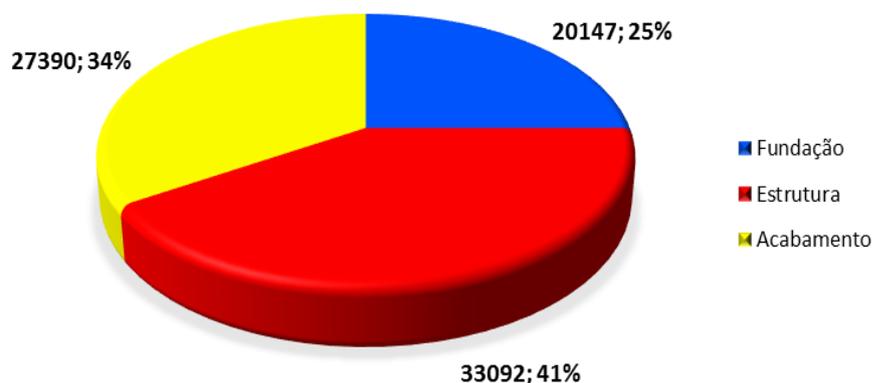
A obra 3, como as anteriores, gerou mais resíduos na etapa de estrutura. A obra é composta por 20 torres, 4 a mais que a obra 1, porém ocorreu uma redução na geração total de resíduos de cerca de 37%. Isto comprova a boa adaptação da equipe com a metodologia utilizada (Figura 6). Na etapa de fundação, que apesar de ser composta apenas por radier, o quantitativo de resíduos foi superior em aproximadamente 66%.



Fonte: Autora

A obra 4, gerou um total de 80.629 kg, sendo a última antes de mais uma modificação na gestão construtiva das obras. Portanto, ainda seguiu um padrão de redução de geração de resíduos em todas as etapas, tanto pela aderência da metodologia, quanto pelo quantitativo de torres executadas (Figura 7).

Figura 7 - Geração de resíduos – Obra 4

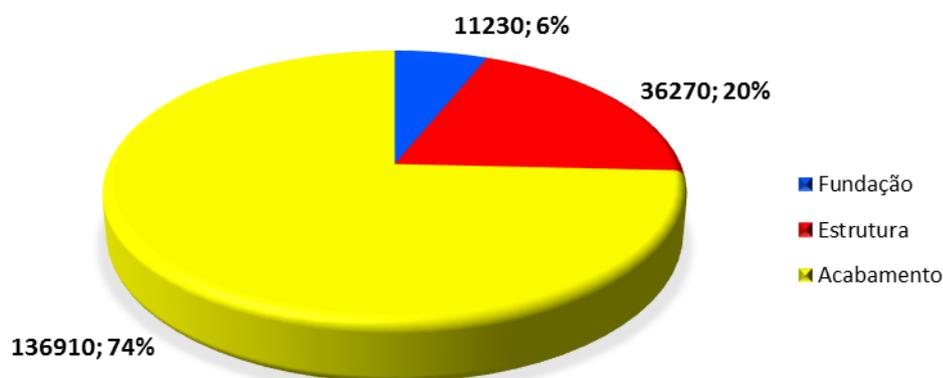


Fonte: Autora

A etapa de estrutura, apesar de ser a maior geradora de resíduos, conseguiu reduzir cerca de 81% em relação a obra 1, fato relacionada ao avanço da adaptação da metodologia *Lean* pela equipe. Em relação a etapa de acabamento, apesar da equipe está adaptada com o processo, as gerações de resíduos estão vinculadas a dificuldade de mobilidade e armazenamento de material em obra. A etapa de fundação que, mesmo sendo mista, foi que gerou menos resíduos.

A partir da obra 5 (Figura 8) foi possível observar uma variação significativa na geração de resíduo, principalmente nas etapas de acabamento e fundação, pois foi implementada na gestão das equipes uma ferramenta do sistema *Lean Construction*, juntamente com o sistema Toyota, denominada de *Kata*, que tem como princípio observar e eliminar o tempo ocioso dos profissionais e, conseqüentemente, diminuindo sua jornada de trabalho ou sua equipe.

Figura 8 - Geração de resíduos – Obra 5

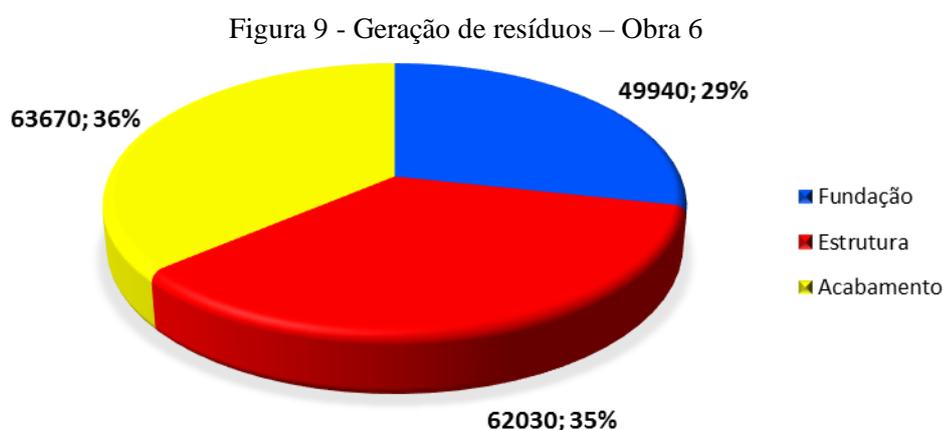


Fonte: Autora

Diferente das demais, esta obra teve como maior geradora a etapa de acabamento, sendo 53% superior a obra 1. Este resultado ocorreu pela falta de espaço físico da obra, que gerou a perda no armazenamento que foi realizado de forma inadequado e pela dificuldade de acesso dos materiais na frente de serviço, que foi desperdiçado durante o trajeto.

Em relação a fase de estrutura não houve uma grande variação, pois a mesma não foi influenciada pela redução do *Kata*. O acréscimo observado foi devido ao quantitativo de torres. Na etapa de fundação, apesar de executada de forma mista, gerou menos resíduos que as demais, que se deu pela organização dos gestores da obra, em relação ao funcionamento e execução das atividades.

A obra 6, gerou um total 175.640 kg de resíduos. Nesta obra houve uma redução da equipe de estrutura, pela implementação do *Kata*, porém foi verificado que esta equipe tem uma sobrecarga de trabalho superior a equipe de acabamento, o que por consequência elevou o quantitativo de geração de resíduos (Figura 9).



Fonte: Autora

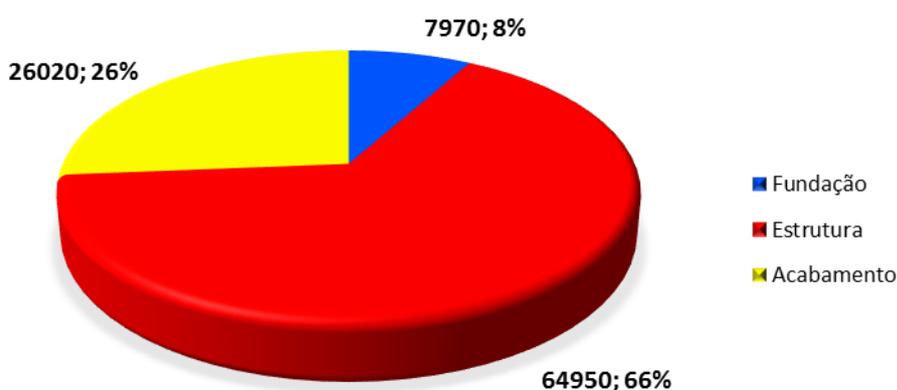
A diferença entre geração de resíduos entre as etapas de acabamento e estrutura não foi significativa. Apesar da primeira ser a maior geradora, percebe-se que a mesma já começou a reduzir esta geração em, aproximadamente, 53,5% comparado a obra 5, que tem um quantitativo de torres inferior.

Em relação a etapa de estrutura ocorreu um acréscimo de aproximadamente 71% em relação a obra 5. Isto pode ser justificado devido ser a primeira obra com redução da equipe e os funcionários que ainda estavam se adaptando a este método construtivo. Já a geração de

resíduos na etapa de fundação teve um acréscimo de aproximadamente 344% em relação a obra 5, devido ao quantitativo de fundações executadas.

Para a obra 7, que gerou um total de 98.940 kg, a equipe de acabamento se manteve inalterada, porém o quantitativo na equipe de estrutura continuou reduzindo, o que provocou um elevado desgaste dos funcionários e um acréscimo em relação aos desperdícios de material, gerando conseqüentemente mais resíduos, conforme é apresentado na Figura 10.

Figura 10 - Geração de resíduos – Obra 7

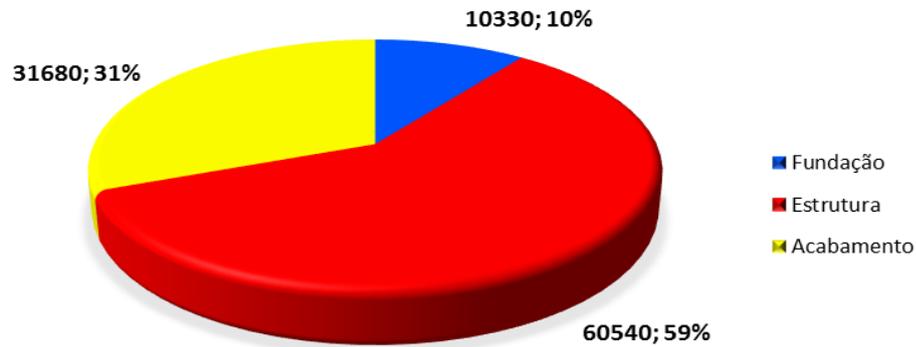


Fonte: Autora

Apesar de ter um quantitativo menor de torres, a obra 7 teve um aumento na geração de resíduos na etapa de estrutura em de 79% em relação a obra 5, já que é a única que possui quantitativo de torres semelhante, em consequência da redução da equipe. Na etapa de acabamento, onde equipe se manteve inalterada, houve redução da geração de resíduos em torno de 81% em relação a obra 5. A etapa de fundação foi a que obteve a menor geração de resíduos.

A obra 8 foi contabilizado 102.550 kg de resíduos. Este aumento aparente é proveniente do quantitativo de torres. A etapa de estrutura permanece sendo a maior geradora, mas apresenta uma redução de 7% em relação a obra 7, como mostra a Figura 11.

Figura 11 - Geração de resíduos – Obra 8



Fonte: Autora

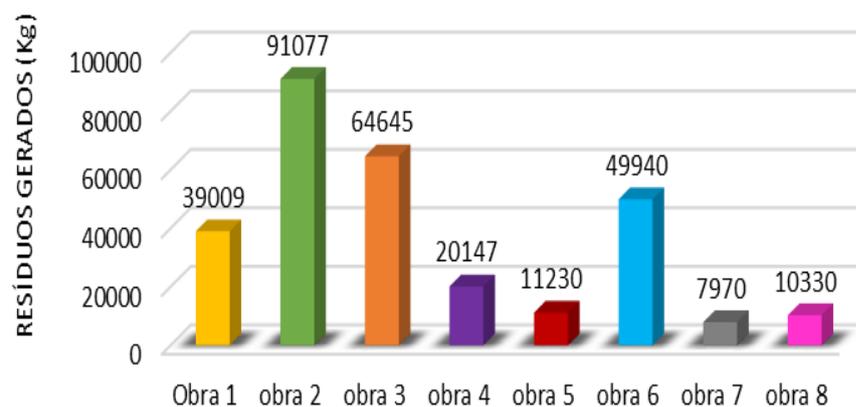
É possível verificar que, apesar das dificuldades encontradas pela equipe de estrutura com a redução da equipe, sobrecarga de trabalho e alterações no projeto, com treinamento e adaptação é possível reduzir a geração de resíduos.

A etapa de acabamento teve um acréscimo na geração de resíduos de aproximadamente 21% em relação a obra 7. A etapa de fundação se manteve constante em todas as análises, variando apenas o tipo de fundação (radier ou radier estaqueado).

4.1.1 Correlação da Geração de Resíduos entre as obras

Com a identificação da geração de resíduos por etapas construtivas em cada obra, foi necessário verificar se há relação das obras entre si. A partir da Figura 12 foi possível avaliar a influência do tipo de fundação na geração de resíduos.

Figura 12 - Comparativo da geração de resíduos na etapa de fundação

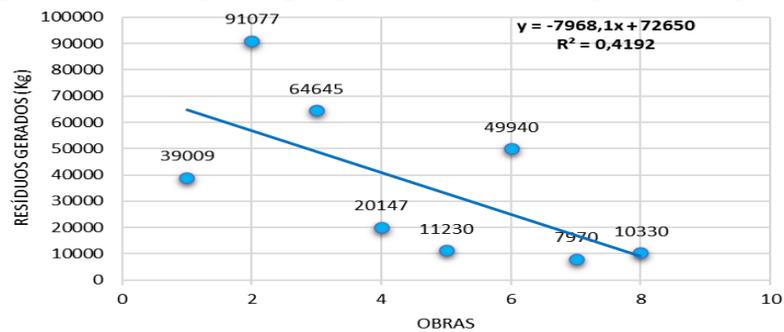


Fonte: Autora

A obra 2 foi a que mais gerou resíduos na etapa de fundação, em relação as demais, apesar de ter a mesma quantidade de torres da obra 1. O mesmo se deu pela tipologia das fundações, que foram do tipo radier com estacas hélice contínuas, gerando como resíduo o solo e o concreto sobressalente. A obra 3 gerou menos resíduos, apenas em relação a obra 2, isto devido a fundação ser apenas radier. A obra 7 foi a menor geradora de resíduos, devido ao menor quantitativo de torres executadas.

Foi realizado também a correlação na etapa de fundação das 8 obras estudadas, (Figura 13). Verifica-se que há uma baixa correlação entre as gerações de resíduos nesta etapa e não explica bem a variabilidade dos dados.

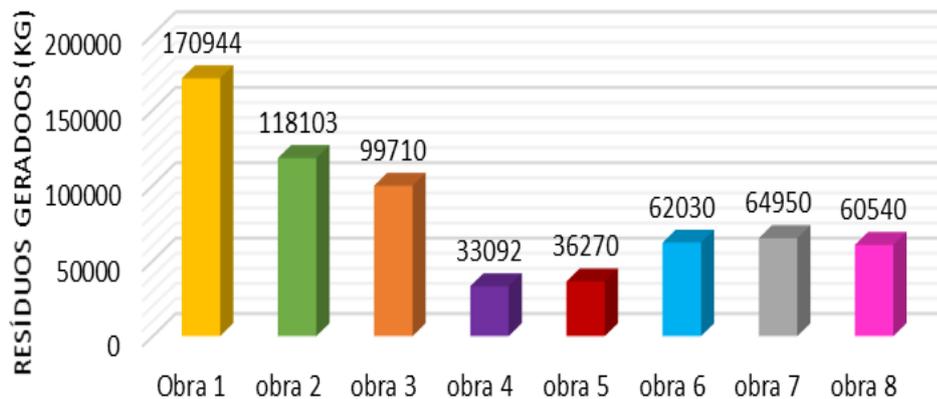
Figura 13 - Correlação da geração de resíduos na etapa de fundação



Fonte: Autora

Quanto a etapa de estrutura a obra 1 foi a maior geradora de resíduos, Figura 14, pelo fato de ser a pioneira na implementação da metodologia *lean construction*, conseqüentemente, ainda não ter tido uma aderência eficaz da equipe na redução de desperdícios.

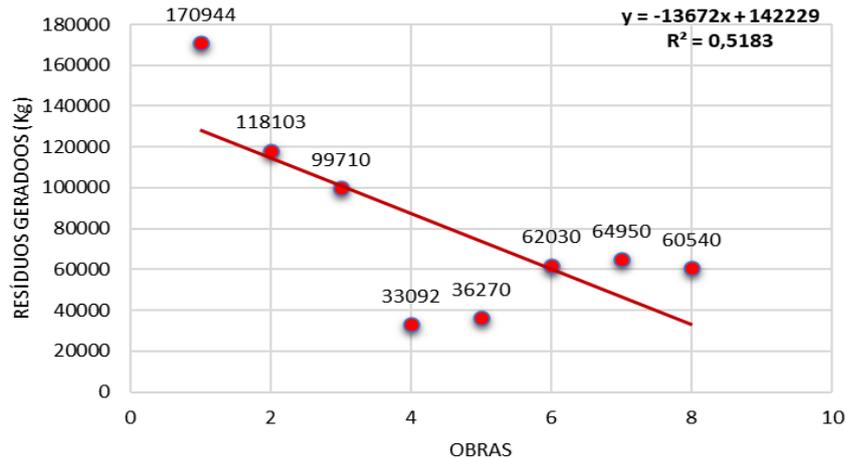
Figura 14 - Comparativo da geração de resíduos na etapa de estrutura



Fonte: Autora

Já a menor geradora de resíduos foi a obra 4, principalmente devido a área construtiva ser menor e a equipe ter se adequado bem a metodologia *Lean Construction*. A partir da obra 6 houve um aumento da geração destes resíduos, pela redução dos funcionários de cada equipe. A Figura 15 apresenta a correlação das obras na etapa de estrutura, que ainda foi considerada baixa, com um R^2 um pouco superior a 50%.

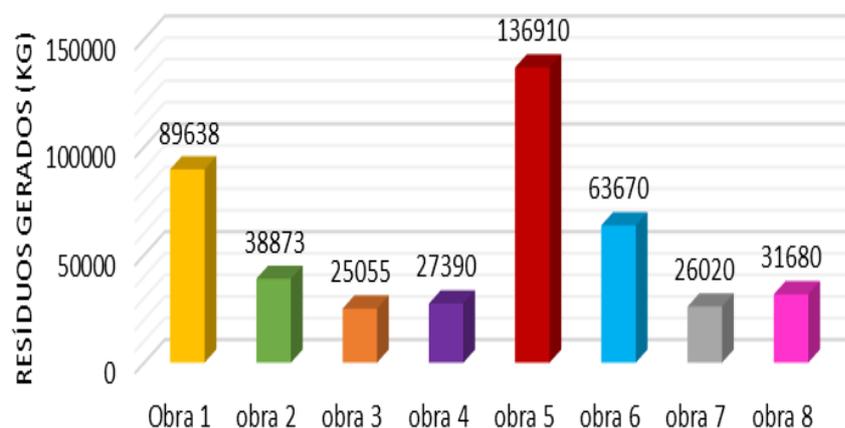
Figura 15 - Correlação da geração de resíduos na etapa de estrutura



Fonte: Autora

Na etapa de acabamento a maior geradora de resíduos foi a obra 5, conforme apresentado na Figura 16. O fator para esta variação elevada ocorreu pelo impacto da redução da equipe, com readaptação e novas divisões e treinamentos, assim como, carga horária excessiva.

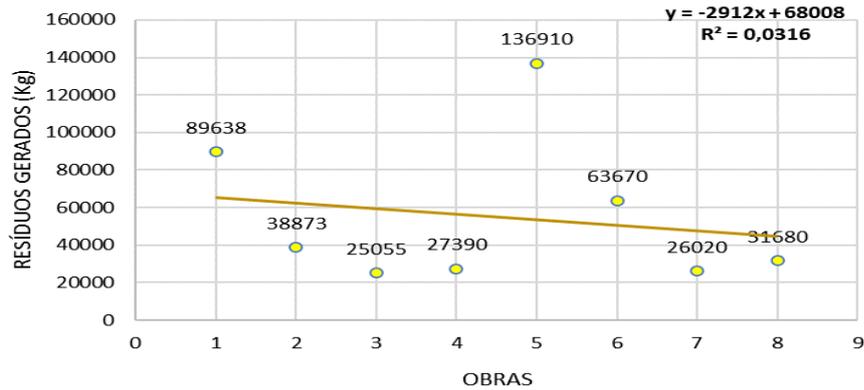
Figura 16 - Comparativo da geração de resíduos na etapa de acabamento



Fonte: Autora

Nesta etapa os pontos estão bastante dispersos, apresentando uma correlação onde R^2 está muito abaixo de 50%, descrevendo assim, que o modelo não se adequa bem aos dados (Figura 17).

Figura 17 - Correlação da geração de resíduos na etapa de acabamento

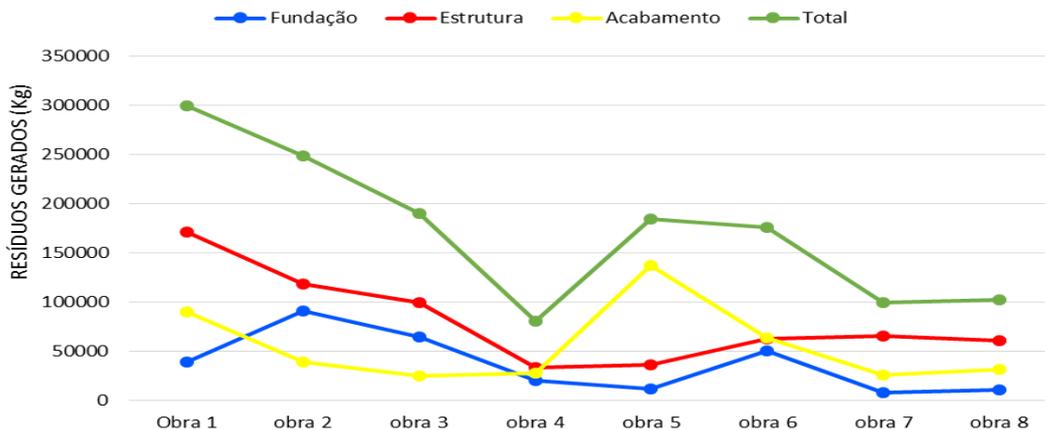


Fonte: Autora

A Figura 18 apresenta as gerações de resíduos de todas as obras. É possível observar que o maior percentual de geração de resíduos foi na etapa de estrutura, com exceção da obra 5 em que o maior percentual foi na etapa de acabamento, corroborando com estudos realizados por Paz (2014), Bezerra (2015) e Vieira (2018), que encontraram como maior geradora de resíduos a etapa de acabamento. Isto ocorre pela particularidade da forma construtiva adotada, a qual a etapa de acabamento teve início um mês após a etapa de estrutura, sendo as duas executadas simultaneamente durante 2 meses.

Desta forma, não foi possível fazer distinção dos materiais gerados, entre as fases, e tudo foi contabilizado como resultante da etapa de estrutura. A menor geradora de resíduos foi a etapa de fundação, corroborando com os dados obtidos por Soares (2015), exceto pelas obras 2, que possuiu a tipologia de radier mista com estacas de hélice contínua, e a obra 3, pelo quantitativo elevado de fundações construídas. A Figura 18 descreve a geração total de resíduos em cada obra.

Figura 18 - Geração de resíduos por fase de obra



Fonte: Autora

4.2 Geração de Resíduos da Obra Acompanhada

A obra 9 teve início com a limpeza do terreno em agosto de 2020 (Figura 19) com prazo de conclusão previsto pela empresa para de outubro de 2021. Porém, com os problemas enfrentados pela pandemia, o prazo se estendeu para abril de 2022, sendo ainda inferior ao previsto pela agência financiadora foi para agosto de 2023.

Figura 19 – Preparação do terreno para início da obra



Fonte: Autora

Após a limpeza do terreno, foi iniciada a fundação do tipo radier estaqueado, com 86 estacas pré-moldadas, tendo um prazo de execução de 14 dias (Figura 20a). Nesta etapa houve apenas a geração de resíduos de madeiras das fôrmas para concretagem do radier (Figura 20b).

Figura 20 – Execução da fundação (a); concretagem do radier (b)



Fonte: Autora

No mês de outubro de 2021, iniciou-se a etapa de estrutura (Figura 21), apesar da etapa de fundação não ter sido finalizada. Nesta etapa foram gerados resíduos de madeiras da fundação, aços que não foram aproveitados das armações estruturais e as borras de concreto que sobravam nas concretagens.

Figura 21 - Execução do bloco 3



Fonte: Autora

A cada torre executada, em um prazo de aproximadamente 20 dias úteis, foi gerado um quantitativo de resíduo de 940 kg de aço. A empresa fez uma parceria com a fornecedora das caixas do ar condicionado, com o intuito de reduzir o valor das peças compradas, já que as caixas de ar condicionado necessitam de retraços de aço, que estavam sendo gerados e desperdiçados na obra.

Desta maneira, houve uma redução no desperdício de aço e uma diminuição na quantidade de trocas de caçambas, conseqüentemente, redução de custos. Após a finalização de quatro blocos, teve início a etapa de acabamento em março de 2021, que ocorria em conjunto com a finalização do radier 7 e a execução das torres 5, 6 e 7. Os primeiros serviços executados pela etapa de acabamento, no bloco 3, foram hidráulicas, forro, sanca, gesso, impermeabilização e textura externa.

Verificou-se que não ocorreu deposição de resíduos em caçambas diferentes, dificultando uma possível reciclagem de material (Figura 22).

Figura 22 – Caçamba com diversos tipos de resíduos



Fonte: Autora

Durante a execução dos serviços na torre 3, ocorreu atraso em alguns serviços (cerâmica, soleira/rejunte, esquadria, louças, entre outras) como mostra a Figura 23. Porém outros serviços que estavam sendo executados continuaram, conforme o cronograma das demais torres (3, 2, 4, 1, 5, 6 e 7).

Figura 23 – Parede em acabamento; falta de colocação de cerâmicas, soleiras e esquadrias



Fonte: Autora

Os serviços de cerâmica e esquadrias previstos para iniciar em março de 2021, atrasaram pela falta de insumo nos fornecedores, sendo entregues nos meses de maio e junho de 2021. Com isso em maio de 2021, teve início o serviço de cerâmica no bloco 3 (Figura 24a) e a esquadria de alumínio iniciou em junho no mesmo bloco (Figura 24b).

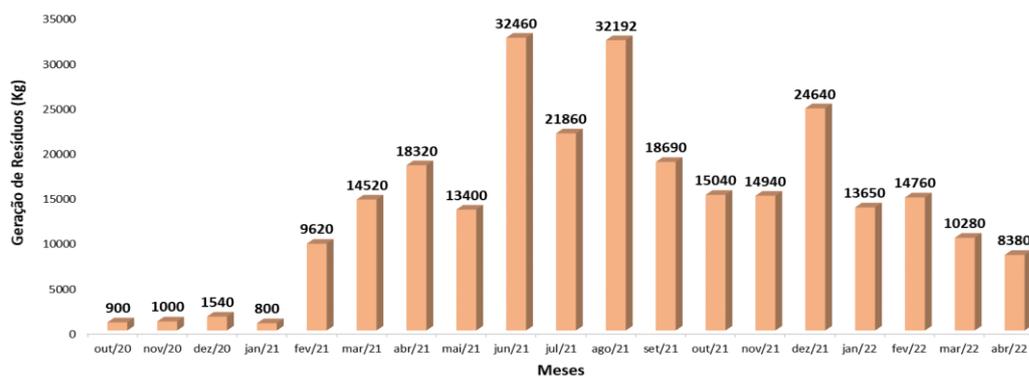
Figura 24 - Execução cerâmica (a); Execução esquadria de alumínio (b)



Fonte: Autora

Os resíduos gerados foram contabilizados de acordo com os serviços executados (Figura 25), e a identificação dos materiais foi realizada após o início da coleta seletiva.

Figura 25 - Geração de resíduos



Fonte: Autora

Entre março e abril de 2021 as três etapas (fundação, estrutura e acabamento) ocorriam simultaneamente. Entre abril e julho de 2021 estava sendo finalizada a etapa de estrutura e a continuação da etapa de acabamento e, por fim, nos demais meses apenas a etapa de acabamento produzia resíduos.

Observou-se que entre os meses de setembro de 2020 e janeiro de 2021, a geração no quantitativo dos resíduos foi mínima, provocados pela execução apenas das etapas de fundação e estrutura. Porém, a partir de fevereiro de 2021, apesar de não ter iniciado uma nova etapa, houve uma geração maior de resíduos, fato provocado pelo início da construção das áreas comuns do empreendimento (salão de festa, portaria, entre outros), como apresentado na Figura 26.

Figura 26 - Construção do salão de festa



Fonte: Autora

A geração menor de resíduos durante os meses iniciais de execução da obra foi devido a adesão do processo de montagem de Kit's; para agilizar a execução de cada serviço, conforme Figura 27.

Figura 27 - Descrição do Kit para fundação

KIT RADIER						
DATA PREVISTA PARA INÍCIO					05/10/2020	
KIT A - RADIER						
KIT RADIER (R01)				Disposição:		QTD
ITEM	CÓD	DESCRIÇÃO	UND	1 CONCRETAGEM CICLO 7D		TOTAL
				QTD NO KIT	QTD GABARITO	
1	3207	TELA SOLDADA EM AÇO Q396 PAINEL 2,45 X 6,00 M	PAINEL	61		427
2	2942	TELA SOLDADA EM AÇO Q503 PAINEL 2,45 X 6,00 M	PAINEL	48		336
3	1548	AÇO CA-50 8.0 MM	KG	1537	325 VARÕES	10759
4	1479	AÇO CA-50 10.0 MM	KG	376	51 VARÕES	2632
5	3011	ESPACADOR DE ARMADURA TRELICADO DE 12M TR 16CM DE ALTURA	UND	18		126
6	134	ARAME GALVANIZADO	KG	35	1 ROLO	245
DATA		NOME:	ASS:			

Fonte: Autora

O maior quantitativo de geração de resíduos foi nos meses de julho e agosto de 2021, com a aplicação de cerâmica com acréscimo de aproximadamente 82%. Isto foi identificado principalmente pelos erros de assentamento das peças e coloração variável das, sendo necessária a identificação e substituição, Figura 28 (a, b).

Figura 28- Identificação das peças (a); retirada do revestimento cerâmico (b)



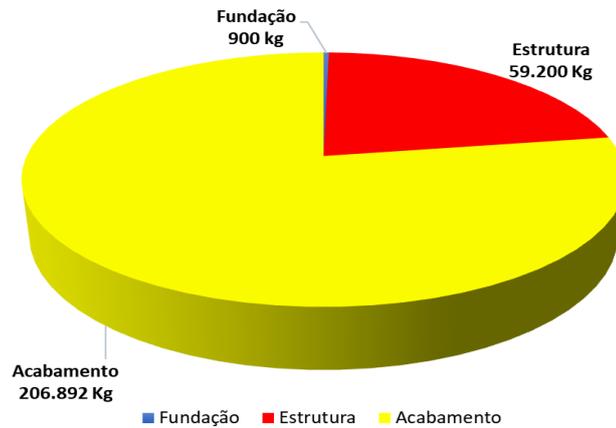
Fonte: Autora

A retirada de cerâmica ocorreu no primeiro bloco executado, sendo 10 pedras no pavimento 4; 208 pedras no pavimento 3 e 131 pedras no pavimento 2, totalizando 449 pedras. Esta retirada de peças não estava prevista, o que acarretou no aumento da geração de resíduos.

Com a conclusão de algumas torres e finalização da obra a redução na geração de resíduos foi gradativa, porém ainda foi contabilizado 8.380 kg devido as solicitações dos clientes.

Na Figura 29 a etapa de fundação foi a menor geradora de resíduos, visto que não houve movimentação de terra e as fôrmas dos radiers foram reutilizadas. A etapa que teve maior geração de resíduos foi a etapa de acabamento com 206.892 kg.

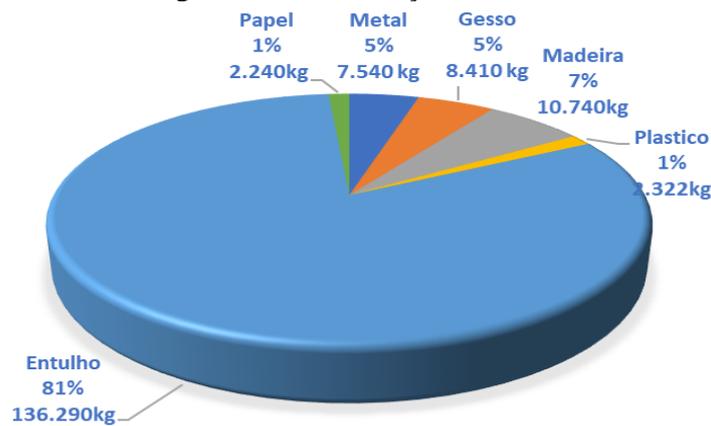
Figura 29 – Geração de resíduos



Fonte: Autora

Como a empresa B realizava coleta seletiva, foi possível identificar e quantificar os materiais, conforme Figura 30.

Figura 30 – Identificação dos materiais



Fonte: Autora

Para o plástico foram gerados 1557 kg em agosto de 2021 e 765 kg em setembro de 2021, que correspondem aos sacos das louças da etapa de acabamento elétrico e hidráulico. Para o papel/papelão foram gerados 1465kg em agosto de 2021 e 775kg em setembro de 2021 com as embalagens de proteção das portas de madeira dos apartamentos.

Em agosto de 2021 foi gerado 6080 kg de gesso e em setembro de 2021 foi gerado 2330 kg utilizado apenas no teto de todos os apartamentos e hall. O metal contabilizou 7.540 kg, que corresponde ao serviço de estrutura e aos retalhos dos cortes das armações. O percentual gerado por esses resíduos está de acordo com Bernardes *et al.* (2008) e Paz (2014), que encontraram valores próximos a 5%.

O valor total de resíduos de madeira foi de 10.740 kg proveniente da forma necessária para a construção da infraestrutura e nos serviços de calçada, piscina e construção das áreas comuns. O quantitativo de resíduos “entulhos” foi de 136.290 kg correspondendo a 81% do total gerado. Este valor foi próximo ao encontrado por Vieira *et al.* (2021) que foi de 84% em obras de tipologia construtiva comum.

De dezembro de 2020 a abril de 2021 todo o resíduo gerado foi proveniente da sobra de concreto e da sobra das estacas de concreto pré moldado. Sobraram 30 estacas de concreto que foram quebradas e jogadas nas caçambas de entulho para a destinação correta. De maio de 2021 até dezembro de 2021 além dos concretos utilizados na infraestrutura, muito entulho proveniente veio da construção da piscina e do revestimento cerâmico dos apartamentos. Por fim, de fevereiro até abril de 2022 os entulhos foram resultantes dos arremates finais das vias públicas de passagem de carro e dos arremates no interior dos apartamentos.

Foi relacionado o valor de geração de resíduos com o previsto pelo PGRCC (Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil). O valor da geração de resíduos no PGRCC, foi calculada de acordo com a equação 1.

$$\text{Peso dos resíduos na construção} = \frac{\text{área construída} \times \text{taxa de construção}}{\text{quantidade de dias}} \quad \text{equação 1}$$

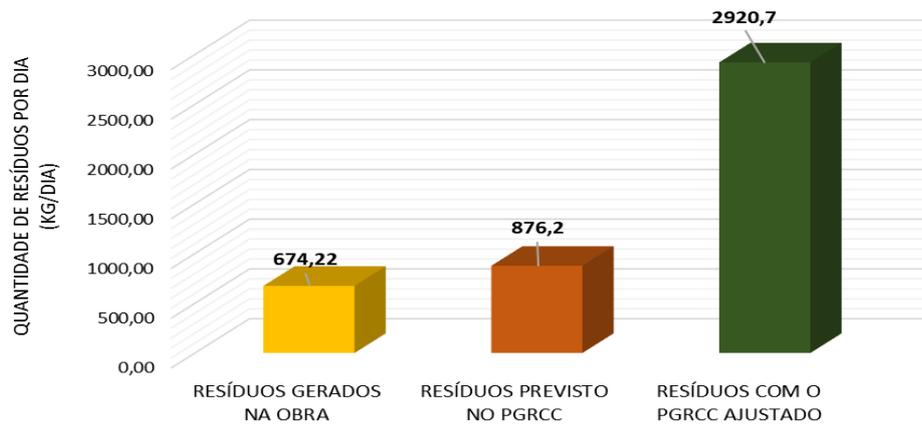
A área construída foi de 15.421,28 m², a taxa de construção adotada pela EMLURB foi de 75 kg/m² para 1.320 dias. Desta forma, foi obtido um valor de geração de 876,2 kg/ dia.

Porém, a obra foi finalizada em 396 dias. Desta maneira o valor obtido foi superior ao previsto pelo PGRCC.

$$\text{Peso dos resíduos na construção após ajuste de data} = \frac{15.421,28\text{m}^2 \times 75 \text{ kg/m}^2}{396 \text{ dias}} = 2.920,7 \text{ kg/dia}$$

Entretanto o valor calculado com dados da obra foi de 674,22 kg/dia, sendo aproximadamente 433% inferior ao previsto pelo PGRCC. A Figura 31 apresenta o quantitativo previsto pelo PGRCC e o obtido em obra.

Figura 31 – Geração de resíduos por dia



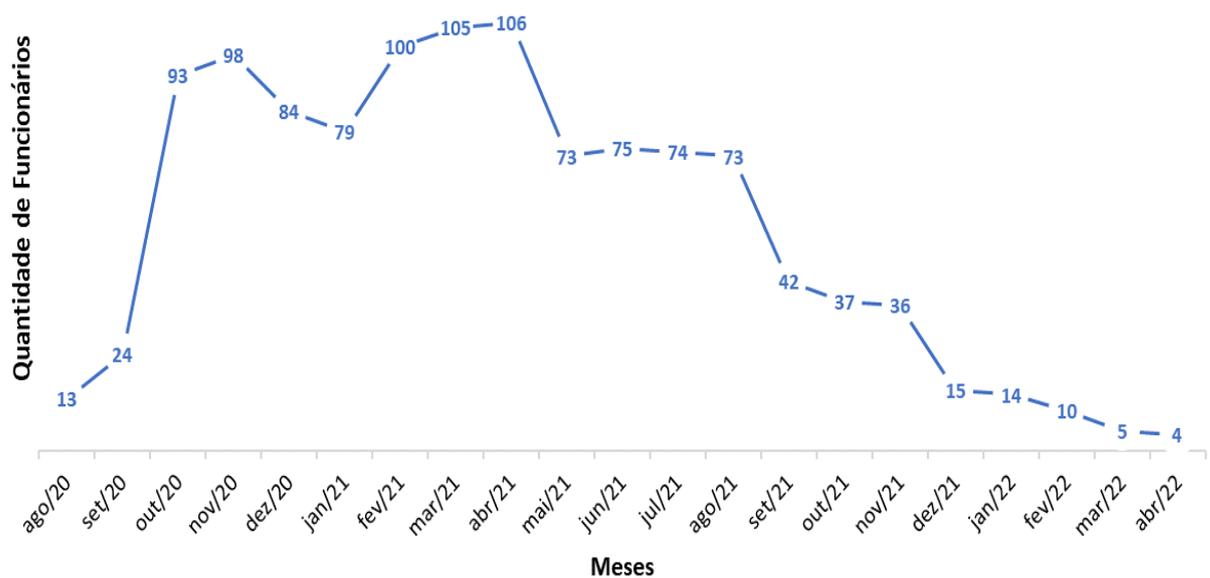
Fonte: Autora

Logo, se o valor ajustado foi para a mesma área construída e o mesmo quantitativo de dias não deveria divergir tanto do valor real encontrado. Podendo ser o valor da taxa imposta pela EMLURB um fator significante para esta variação.

4.2.1 Análise do Consumo de Energia e Água

Para a análise do consumo de água e energia foi necessário verificar o quantitativo de funcionários presentes na obra, conforme Figura 32.

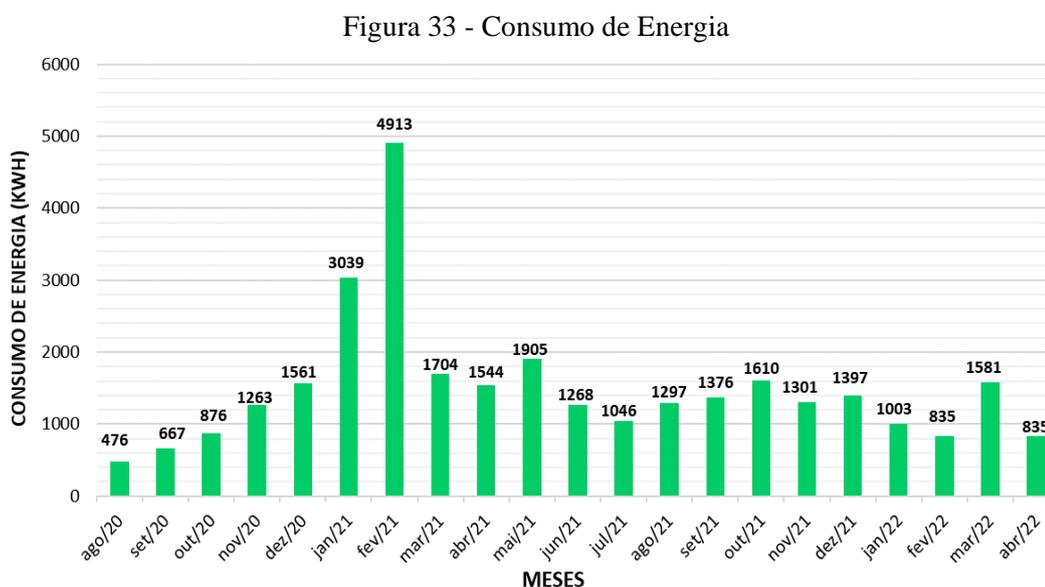
Figura 32 - Quantitativo de Funcionários



Fonte: Autora

A obra teve o acréscimo do número de funcionários à medida que os serviços eram executados. Porém a partir de novembro de 2020, o número de funcionários diminuiu até fevereiro de 2021, já que apenas a fundação e a estrutura estavam sendo executadas.

Para iniciar a etapa de acabamento foi necessário o aumento do quantitativo de funcionários, visando a liberação das novas frentes de serviço. Com a finalização das etapas de fundações e estruturas no mês maio de 2021, a equipe teve redução até a finalização da obra. Assim, também foi possível verificar o consumo de energia e a relação com o quantitativo de funcionários, conforme apresentado na Figura 33.



Fonte: Autora

Na avaliação das variações mensais, verifica-se que o crescimento do consumo de energia ocorreu de acordo com o aumento no quantitativo de serviços executados, consequentemente de funcionários na obra, sendo observado o maior consumo nos meses de janeiro e fevereiro de 2021, devido a utilização da máquina para execução de contrapiso.

A utilização desta máquina foi necessária, porque os pisos dos apartamentos foram entregues como laje do andar inferior ou radier, caso do apartamento térreo, (Figura 34a). Para assentamento cerâmico foi necessário um nivelamento da área, com a execução de um contrapiso (Figura 34b). A obra utilizou a máquina para agilizar o serviço, diminuir tempo de execução e desperdício de material. A largura de aplicação do contrapiso variou de 5 a 7 cm.

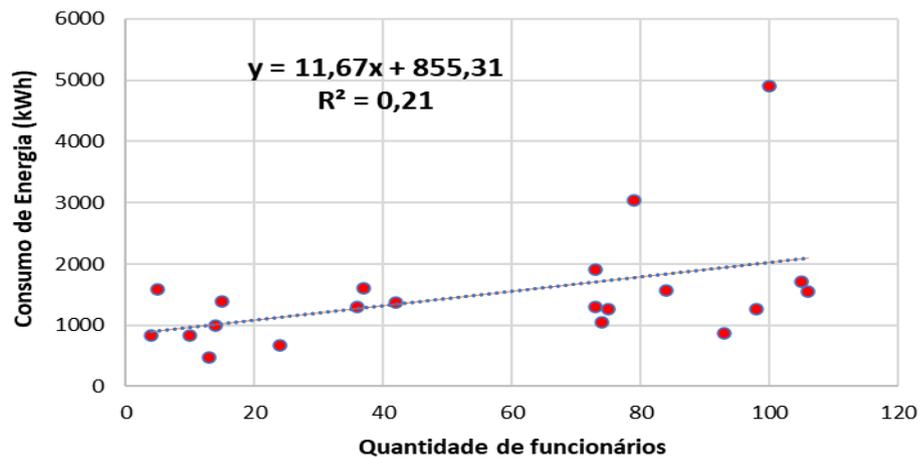
Figura 34 - Laje do andar inferior ou radier (a); aplicação do contrapiso (b)



Fonte: Autora

Os dados da relação entre o consumo de energia e a quantidade de funcionários foram avaliados a partir da equação da reta (Figura 35). Foi observado uma proximidade entre os pontos e a linha de tendência, porém é possível visualizar que alguns pontos dispersam de forma significativa. A Tabela 9 mostra a estatística de regressão.

Figura 35 - Regressão Linear Simples da Quantidade de Funcionários pelo Consumo de Energia



Fonte: Autora

Tabela 9 -Estatística da regressão

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,45
R-Quadrado	0,21
R-quadrado ajustado	0,16
Erro padrão	865,29
Observações	21

Fonte: Autora

O valor R múltiplo determina que aproximadamente 45% dos dados aderem de forma significativa na regressão linear; o R^2 indica apenas que 21% dos dados explicam a equação da reta; o R^2 ajustado mostra que 16% dos dados deveriam ser ajustados, para uma possível regressão múltipla e o erro padrão indica um quantitativo de 865,29 possíveis dados, estarão dispersos para o estudo desta reta. Foi avaliada também a influência das variáveis na correlação dos dados, conforme apresentada na Tabela 10.

Tabela 10 – Análise de variância (Anova)

ANOVA					
	<i>Grau de liberdade</i>	<i>Soma dos Quadrados</i>	<i>Quadrado Médio</i>	<i>Estatística F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	3707483,8	3707483,8	4,95	0,038
Resíduo	19	14225768,77	748724,67		
Total	20	17933252,57			

Fonte: Autora

Levando em consideração a relação da quantidade de funcionário, correspondente ao eixo x, e o consumo de energia, correspondente ao eixo y, da Figura 35. Caso o F de significação seja superior a 0,05, pode-se afirmar que o modelo não se adequa a análise realizada. Neste caso como o valor foi inferior (0,038), verificando então, que o modelo está adequado ao estudo.

A Tabela 11 descreve os parâmetros para obtenção equação apresentada na regressão linear (Figura 35) e a significância das variáveis. O valor de 855,31 representa o custo fixo (b) e o valor de 11,67 representa o coeficiente angular que descreve a variação de acordo com a quantidade de funcionários (a), em uma equação linear do formato $f(x) = ax + b$.

Tabela 11 – Parâmetros de regressão

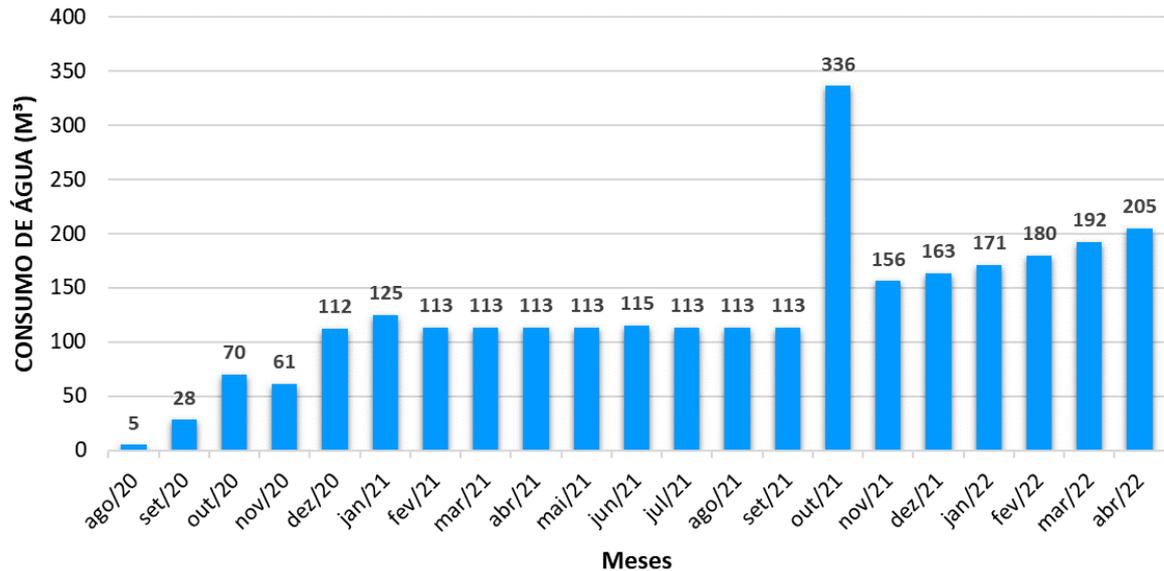
	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>Intervalo de Confiança 95% inferiores</i>	<i>Intervalo de Confiança 95% superiores</i>
Quantidade de funcionários (a)	11,67	5,24	2,23	0,04	0,69	22,64
Interseção (b)	855,31	345,76	2,47	0,02	131,61	1578,99

Fonte: Autora

Corroborando com o F de significação é necessário observar o valor- P. Caso o valor-P, assim como o F de significação, seja inferior a 0,05 o modelo é válido para este estudo. Logo, tanto o F de significação, quanto o valor-P validam o modelo para este estudo.

Foi verificado também que o consumo de água nesta obra (Figura 36) cresceu com o aumento da produtividade, com a abertura de novas frentes de serviço e com um fluxo mais intenso de atividades.

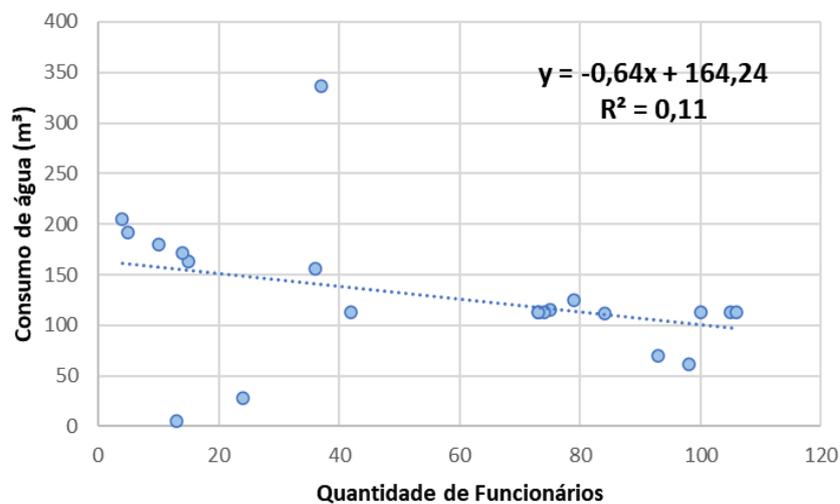
Figura 36 - Consumo de água



Fonte: Autora

Isto pode ser explicado devido a lavagem de todos os apartamentos após a finalização da construção das torres. Porém, o maior valor registrado do consumo de água foi em outubro de 2021, com a verificação da estanqueidade da piscina. Na Figura 37 foi verificado se há relação entre a quantidade de funcionários e o consumo de água

Figura 37- Regressão linear simples da quantidade de funcionários pelo consumo de água



Fonte: Autora

É possível observar, já que o R^2 é baixo, que a regressão linear não representa bem esta análise, sendo desta forma necessário avaliar os valores das Tabelas 12, 13 e 14.

Tabela 12 - Estatística da regressão

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,34
R-Quadrado	0,11
R-quadrado ajustado	0,07
Erro padrão	66,39
Observações	21

Fonte: Autora

Na Tabela 12 o valor R múltiplo determina que 34% dos dados aderem de forma significativa na regressão linear; o R^2 indica apenas que 11% dos dados explicam a equação da reta; o R^2 ajustado mostra que 7% dos dados deveriam ser ajustados, para a análise de uma regressão múltipla e o erro padrão indica um quantitativo de 66,39 possíveis dados, que estarão dispersos para o estudo desta reta.

Na Tabela 13 o valor de “F” descreve quantos valores de X (quantidade de funcionários) tem alguma relação com a função Y (volume de água); e o F de significação, indica se há ou não uma relação significativa entre os valores analisados. Quando os dados forem superiores a 0,05 indica que a regressão linear não adere a este modelo, o que é confirmado com o valor obtido que foi de 0,13.

Tabela 13 - Análise da variância (Anova)

ANOVA					
	<i>Grau de liberdade</i>	<i>Soma dos Quadrados</i>	<i>Quadrado Médio</i>	<i>Estatística F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	1	11050,09	11050,09	2,51	0,13
Resíduo	19	83768,85	4408,89		
Total	20	94818,95			

Fonte: Autora

A Tabela 14 apresenta os parâmetros para obtenção da equação e a significância das variáveis. O valor de 164,23 representa o custo fixo (b) e o valor de -0,64 representa o coeficiente angular ou a quantidade de funcionários (a), em uma equação linear do formato $f(x) = ax + b$

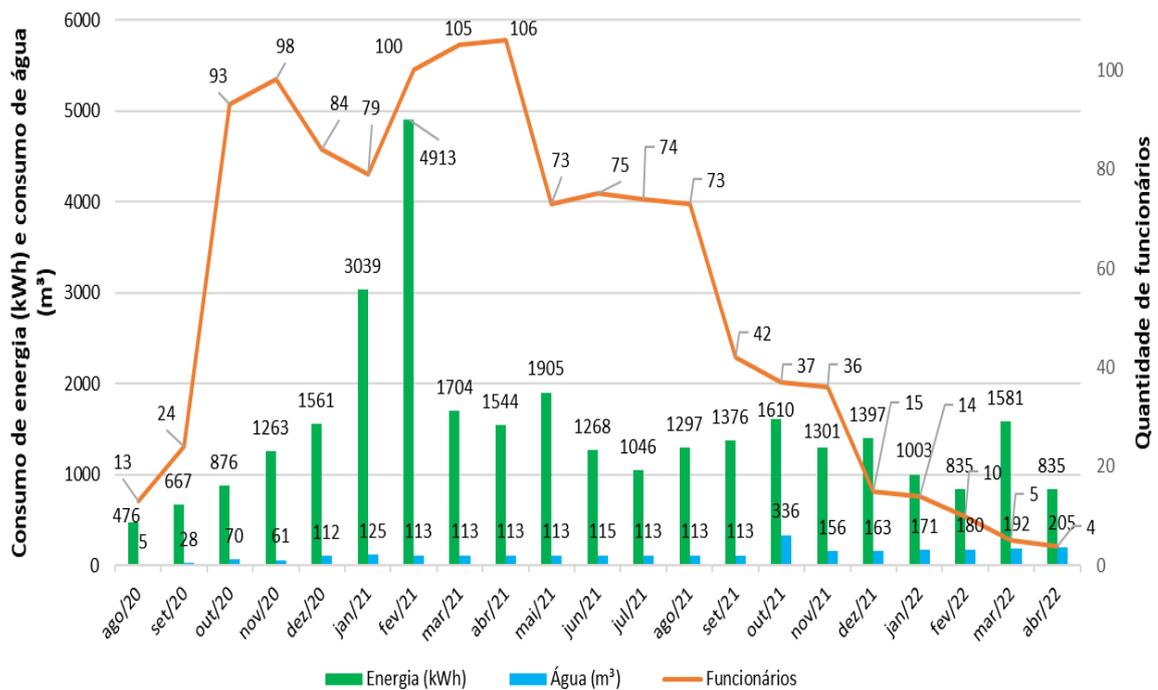
Tabela 14 - Parâmetros de regressão

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>Intervalo de Confiança 95% inferiores</i>	<i>Intervalo de Confiança 95% superiores</i>
Interseção (b)	164,23	26,53	6,19	6,01353E-06	108,7	219,77
Quantidade de funcionários (a)	-0,64	0,4	-1,58	0,129893875	-1,48	0,21

Fonte: Autora

O intervalo de confiança (95%) definiu os limites superiores e inferiores, não sendo considerado representativo, já que os valores obtidos para a quantidade de funcionários foram negativos. A Figura 38 mostra a relação entre o consumo de energia, água e quantidade de funcionários.

Figura 38 - Consumo de energia, água e quantidade de funcionários



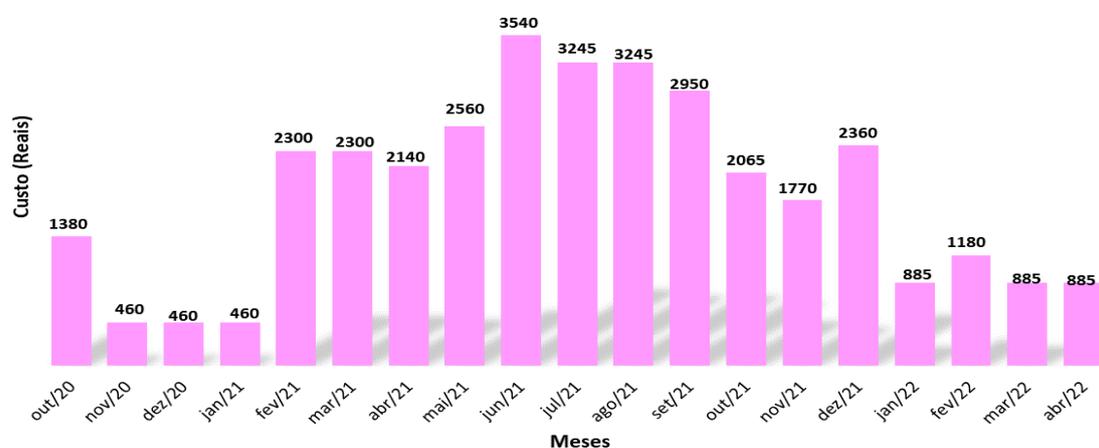
Fonte: Autora

Foi observado que nos meses iniciais da obra, ou seja, nas etapas com poucos serviços a serem executados, o fator determinante para o consumo de energia e água foi a variação no quantitativo de funcionários. Porém, a partir de janeiro de 2021 o predominate para o acréscimo do consumo de energia e água foi o tipo de serviço executado, com a utilização da máquina de contrapiso e a necessidade do teste de estanqueidade da piscina.

4.2.2 Custos do RCC

Um dos principais objetivos para a avaliação dos custos ser empregado é o controle para a redução de desperdícios, além de verificação quanto ao desempenho e ação corretiva (BEZERRA, 2015). Neste sentido, a empresa contratada inicialmente faria a troca de caçambas, coleta e destinação dos resíduos cobrando R\$460,00, porém com objetivo de diminuir as despesas foi terceirizada uma nova empresa e o valor teve uma redução para R\$295,00. Desta forma foi possível verificar quanto foi o gasto durante a execução do empreendimento, conforme apresentado na Figura 39.

Figura 39 – Custo para coleta e destinação dos resíduos



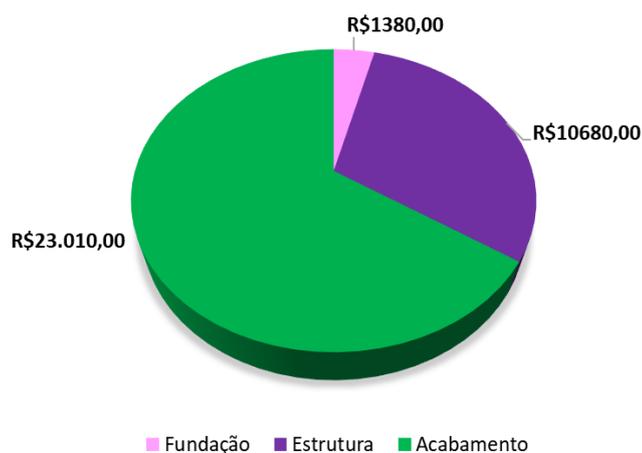
Fonte: Autora

De outubro de 2020 até metade de maio de 2021 foram contabilizadas 25 caçambas de resíduos. Com o aumento crescente das execuções dos serviços, maior era a necessidade de trocas de caçambas e, conseqüentemente, maior era o custo.

O total gasto nesta obra foi de R\$35.070,00. Este valor foi próximo aos obtido por Vieira et al. (2021) e Bezerra (2015) que teve uma média de R\$33.904,80 em obras com áreas entre 12.000 e 15.000 m².

Foi possível observar uma redução nos custos de 26,69% com relação a troca de empresa na coleta e destinação dos resíduos, e também verificar os custos por etapa de execução, conforme apresentado na Figura 40. O maior custo observado para destinação e coleta foi a etapa de acabamento, seguido da etapa de estrutura e pôr fim a etapa de fundação.

Figura 40 – Custo por etapa



Fonte: Autora

4.2.3 Análise comparação entre as Empresas A e a B

4.2.3.1 Taxa de geração de resíduos

A Figura 41 apresenta a taxa de geração de resíduos para as obras de habitação de interesse social e avalia se as mesmas estão em conformidade com o estabelecido pela EMLURB (Empresa de Manutenção de Limpeza Urbana) na elaboração do PGRCC (Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos).

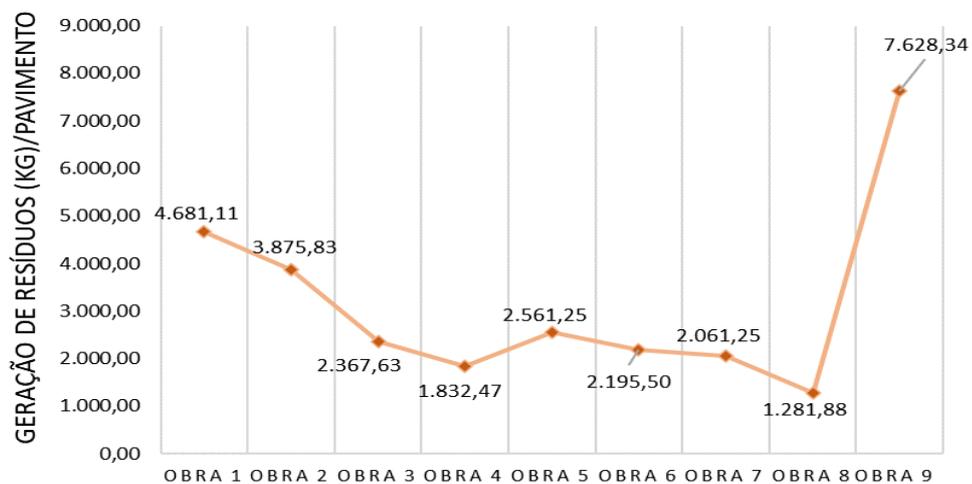
Figura 41 - Taxa de geração de resíduos por m²

Fonte: Autora

As obras estudadas tiveram uma taxa de geração de resíduos variando de 8,45 até 21,76 Kg/m³, corroborada como os valores obtidos por Viera *et al.* (2021) que encontrou uma taxa média próxima de 30 kg/m².

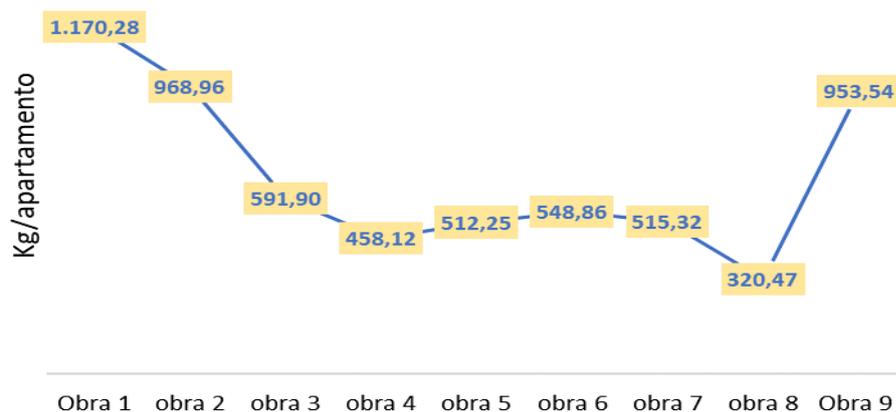
Porém algumas obras de habitação de interesse social tiveram uma variação de 49,58 kg/m² a 226,28 kg/m, Careli (2008), Marques Neto e Schalch (2010), Monteiro *et al.* (2001), Pinto (1999), Soares (2015), Solís-Guzman *et al.* (2009), Souza (2005). Estes valores diferenciam dos obtidos, pois a tipologia construtiva foi de alvenaria, enquanto as obras estudadas foram de concreto, confirmando que a metodologia adotada influencia na geração de resíduos. Foi realizada também as taxas de geração de resíduos por pavimento (Figura 42) e por apartamento (Figura 43).

Figura 42 – Geração de resíduos por pavimento



Fonte: Autora

Figura 43 – Geração de resíduos por apartamento



Fonte: Autora

Em todas as condições avaliadas a obra 1 se manteve como a maior geradora de resíduos, o que está relacionado ao fato de ser a obra pioneira na implantação da metodologia *Lean Constuction*. Logo, era esperado que as obras seguintes viessem com uma redução na geração

de resíduos, comparadas com a obra 1, fato este relacionado com a aderência da equipe ao tipo de metodologia de redução de desperdícios.

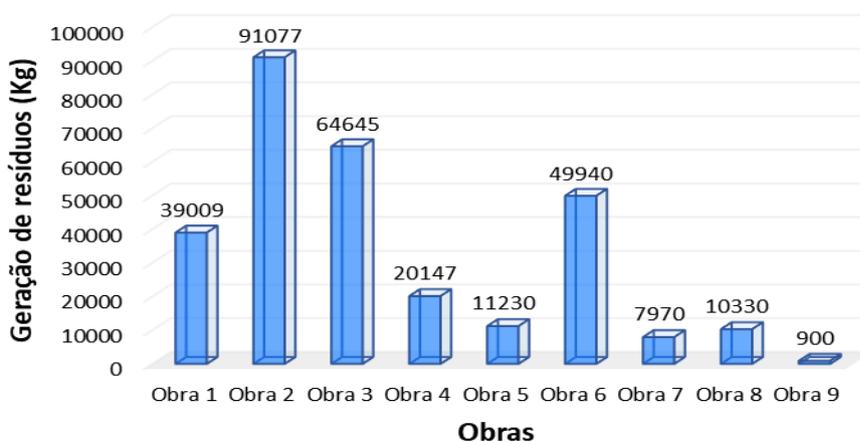
A obra 8, que tem o mesmo padrão construtivo que a obra 4, apresenta uma redução de aproximadamente 30% no quantitativo de resíduos, comprovando que a adaptação da equipe ao tipo de metodologia e o tipo de padrão de construção tem uma influência direta na adoção deste sistema.

A obra 1 foi a que gerou mais resíduos nas três condições analisadas. Todas as obras possuem 4 apartamentos por pavimento, com exceção da obra 5 que possui 5 pavimentos com 4 apartamentos por pavimento, gerando um quantitativo maior de resíduos em relação as demais. A obra 9 (Empresa B), em relação a geração de resíduos por pavimento, foi superior a todas as obras da empresa A, isto devido ao tipo de acabamento e ao menor número de pavimentos.

4.2.3.2 Geração de resíduos da construção civil

Ao finalizar a construção da obra 9 foi possível realizar uma análise comparativa entre as gerações de resíduos da “Empresa A” e da “Empresa B”, em relação a etapa de fundação (Figura 44), etapa de estrutura (Figura 45), a etapa de acabamento (Figura 46) e a geração total de resíduos nas obras (Figura 47).

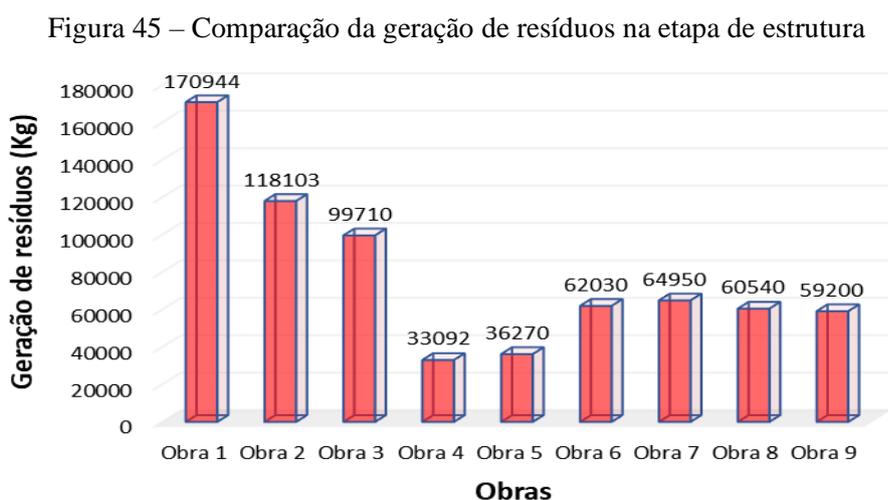
Figura 44 – Comparação da geração de resíduos na etapa de fundação



Fonte: Autora

Na Figura 44 a obra 9 foi a menor geradora de resíduos na etapa de fundação, já que não houve movimentação de terra e necessidade e nem sobras de material, sendo apenas contabilizado um quantitativo reduzido de madeira. Já a maior geradora de resíduos foi a obra 2, que necessitou de muita movimentação de terra para a execução das fundações e um quantitativo maior de fundações. As demais obras geraram mais, principalmente, por terem um quantitativo de fundação superior a obra 9.

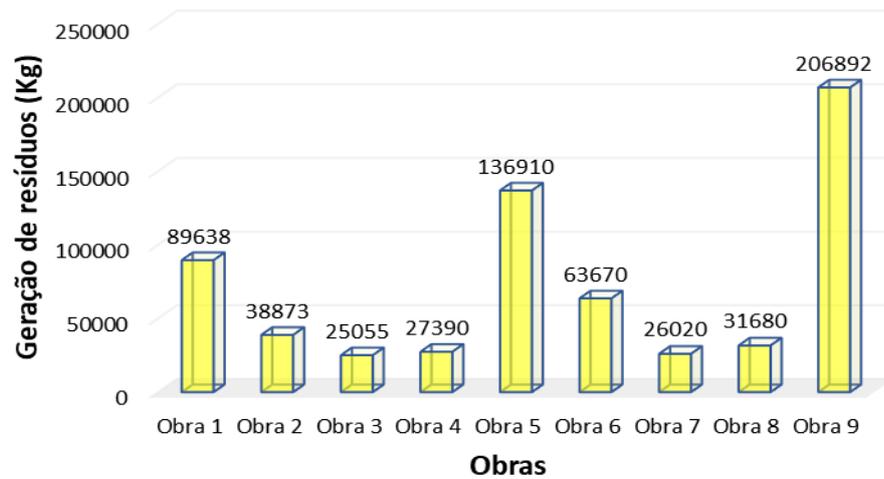
A Figura 45 segue um padrão semelhante de geração de resíduos, em todas as obras, com relação a falta de coleta seletiva e a não separação de resíduos entre as etapas construtivas. No caso da obra 9 a geração de resíduos segue a mesma linha por ter enfrentado a dificuldade de se adequar as regras aplicadas de prevenção para a COVID-19. A obra 1 é a maior geradora nesta etapa, por ser a obra pioneira na execução da estrutura com equipe própria e na aplicação da metodologia *Lean Construction*.



Fonte: Autora

Para a etapa de acabamento (Figura 46) a maior geradora foi a obra 9, que possui um quantitativo de torres inferior, consequentemente, de apartamentos. Porém possui um quantitativo de serviços de acabamento maior, além da necessidade de troca de mais de 400 peças de cerâmica. A segunda maior geradora foi a obra 5, por não possuir espaço suficiente para armazenamento e movimentação do material até as frentes de serviço.

Figura 46 – Comparação da geração na etapa de acabamento

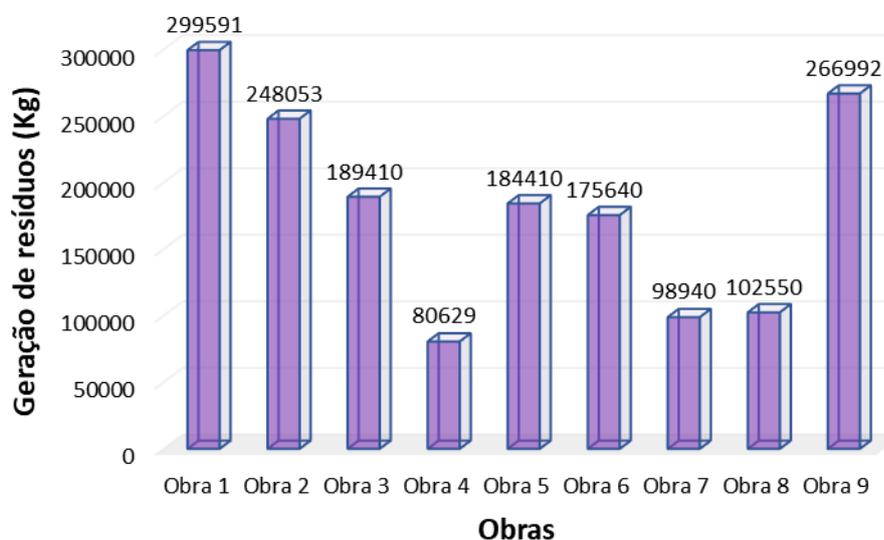


Fonte: Autora

Fazendo uma análise comparativa da geração de resíduos da obra 9 (Empresa B), com a obra 4 (Empresa A), que tem o menor número de torres, verifica-se um acréscimo de aproximadamente 231% na geração de resíduos, conforme apresentado na Figura 47. Isto é devido principalmente aos tipos de serviços executados, ao quantitativo de áreas com acabamentos específicos e a ausência de uma metodologia para redução dos desperdícios.

Porém, avaliando como um todo a obra 9 tem uma geração semelhante a obra 1 pela implantação inicial de uma metodologia de redução de desperdícios e pela dificuldade de se readaptar a esta nova metodologia.

Figura 47 – Comparação da geração total



Fonte: Autora

4.2.4 Impactos da Pandemia da COVID-19 nas obras do programa MCMV

Os impactos relacionados à pandemia foram avaliados de acordo com a execução dos serviços e a dinâmica dos funcionários. Foi perceptível em todos os setores e em todo o mundo que a dinâmica de vida das pessoas se modificou desde o início da pandemia. Os setores que puderam se adaptaram a vivência virtual, transformando a realidade presencial em um trabalho home office. Porém, o setor da construção civil não se adapta a esta realidade de home office. Com isso, a obra, precisou se adequar a todas as medidas preventivas para que o setor retomasse a rotina.

Quanto a rotina da empresa com relação aos funcionários, muitas regras foram adotadas para prevenção e, conseqüentemente, redução do contágio, conforme apresentado na Figura 48.

Figura 48 - Medidas Preventivas



Fonte: Autora

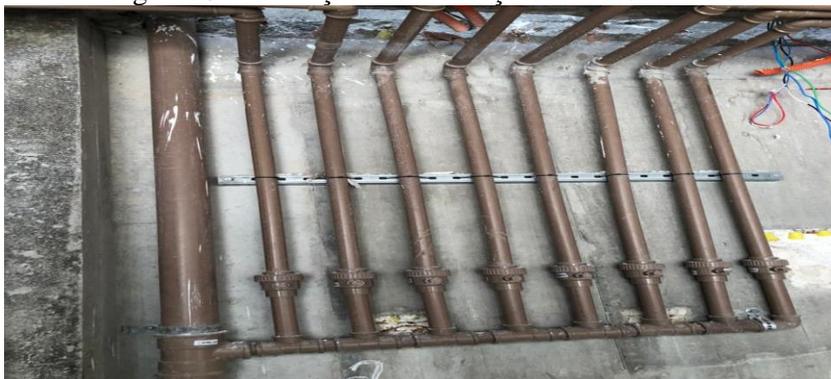
As principais regras foram para manter na frente de serviço a quantidade necessária de funcionários para execução dos serviços (infraestrutura, estrutura e/ou acabamento); responsabilidade pelos objetos pessoais e horário do café da manhã e do almoço diferentes, para evitar aglomeração e manter o distanciamento.

Quanto aos impactos na execução dos serviços a etapa de fundação foi a primeira a ser comprometida pela pandemia, com atrasos significativos na chegada dos materiais e conseqüente atraso da frente de serviço.

De acordo com o previsto as fundações, apenas a execução do radier do bloco 3 e 2 seguiram o cronograma, já que os materiais para a realização se encontravam disponíveis no local. Porém, a partir do bloco 1 todas as execuções de fundação atrasaram por problemas com a máquina bate estaca. O bloco 6 atrasou por falta de estacas na obra e o bloco 7 atrasou por falta de aço, decorrente da falta deste material no mercado durante a pandemia da COVID-19. Logo, em relação a execução da fundação ocorreram atrasos entre 30 dias e 150 dias (Apêndice A).

Em relação a etapa de estrutura, não houve impacto nos prazos de execução. A partir de fevereiro/2021 teve início a etapa de acabamento, com estucamento, coberta, esquadrias de ferro (grades e corrimões), drywall, impermeabilização, contrapiso, textura das fachadas, forros e sancas, regularização das escadas e instalações hidrossanitárias, como apresentado na Figura 49.

Figura 49 - Execução das instalações hidrossanitárias



Fonte: Autora

Apesar dos serviços descritos não sofrerem atrasos em relação ao cronograma inicial, durante a execução hidrossanitária do bloco 3 e bloco 2, observou-se a ausência de canos e conexões também devido a pandemia.

As cerâmicas, as esquadrias de alumínio, e as esquadrias de madeira tiveram atrasos na entrega de até três meses. Os atrasos ocorridos pela ausência de material, por causa da pandemia, foram recorrentes, principalmente pela falta de matéria prima. Estes atrasos nos serviços iniciais geraram uma sequência de atraso nos serviços subsequentes e, consequentemente, na finalização da obra.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir deste estudo conclui-se que as obras de habitação de interesse social também são grandes geradoras de resíduos. Esta geração está relacionada com a metodologia aplicada, com o quantitativo de serviços executados e com a quantidade de torres e de pavimentos.

Para a empresa A, nas obras com o mesmo quantitativo de torres e com fundação radier, observou-se que a equipe de estrutura gerou mais resíduos, pelas dificuldades de adequação a metodologia de redução e pelas variações nos projetos desenvolvidos.

Nas obras com fundação foi observado que a fundação radier a geração de resíduos é maior, porém não está relacionado apenas com a tipologia de execução e sim com o quantitativo de radiers executados.

Verificou-se que a aderência da metodologia *Lean Construction* e a padronização na execução dos serviços impacta na redução de resíduos, tendo apenas as obras 5 e 6 como maior geradora de resíduos pelas dificuldades de armazenamento e, conseqüentemente, perda de materiais.

Para a empresa A vários fatores influenciam na variação da geração de resíduos, como o tipo de fundação adotada; a dificuldade de adequação da equipe a uma nova metodologia e a alteração constante de projetos atrapalha. Em contrapartida, alguns fatores são importantes para a constante redução da geração de resíduos, como uma padronização da execução dos serviços e uma boa área de armazenamento.

A empresa B gerou um total de 266.992 kg de resíduos, sendo maior na etapa de acabamento. Durante a obra é notório que a quantidade de funcionários aumenta ou diminui de acordo com a variação na quantidade de serviços executados, o que durante os meses iniciais é o principal influente no consumo de água e energia.

Assim sendo, a empresa A, que possui um acabamento mais simples que a empresa B, teve a etapa de estrutura como a maior geradora de resíduos e a empresa B vem apresentando a etapa de acabamento com maior geradora de resíduos

Verifica-se que a taxa de geração de resíduos por área (aproximadamente 25 kg/m²) para obras do PMCMV foi inferior a utilizada pela EMLURB (75 kg/m²), necessitando desta forma mais pesquisas nesta área.

É importante observar que as obras da tipologia PMCMV são geradoras em potencial e que precisam ser tão fiscalizadas quanto as obras convencionais, além dos padrões adotados pelas empresas fiscalizadoras precisarem se adaptar a cada tipologia construtiva.

6 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

A partir dos resultados avaliados nesta dissertação pode-se sugerir outras possibilidades para pesquisas futuras:

- Avaliar o custo da geração de resíduos da construção civil em diferentes obras de habitação de interesse social;
- Avaliar a geração de resíduos em diferentes empresas com obras de habitação de interesse social;
- Comparar a geração de resíduos de obra de interesse social e do tipo obra convencional de uma mesma empresa;
- Comparar a geração de resíduos de obras de interesse social com diferentes tipologias construtivas.

REFERÊNCIAS

ABDEL-SHAFY, H. I.; MANSOUR, M. S. M. Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization. **Egyptian journal of petroleum**, v. 27, n. 4, p. 1275-1290, 2018.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004a.

_____. **NBR ISO 14.001**: Sistemas da gestão ambiental - Requisitos com orientações para uso. 2004b.

_____. **NBR 15.112**: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004c.

_____. **NBR 15.113**: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004d.

_____. **NBR 15.114**: Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004e.

_____. **NBR 15.115**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004f.

_____. **NBR 15.116**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos. Rio de Janeiro, 2004g.

_____. **NBR ISO 9001**: Sistema de gestão da qualidade - Requisitos. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR ISO 14001**: Sistema de gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR ISO 15575-1**: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2021**. Abrelpe, 2021. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/download-panorama-2021/>>. Acesso em: 25 fev. 2022.

ABREU, W. G. **Manutenção Predial Sustentável**: diretrizes e práticas em shopping centers. 2012. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Engenharia Civil. Niterói, Universidade Federal Fluminense, 2012.

ALFAIA, R. G. S. M.; COSTA, A. M.; CAMPOS, J. C. Municipal solid waste in Brazil: A review. **Waste Management & Research**, v. 35, n. 12, p. 1195-1209, 2017.

ALVES, G. **Casa verde e amarela**: quantas moradias o governo entregou em 2021?. 2022. Disponível em: <https://fdr.com.br/2022/01/26/casa-verde-e-amarela-quantas-moradias-o-governo-entregou-em-2021/> Acesso em: 27 ago. 2022.

ANA - AGENCIA NACIONAL DE ÁGUA E SANEAMENTO BÁSICO. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: Informe 2019**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2019. 110p.

AMBIENTAL, H. **Reduzir, Reutilizar e Reciclar – O princípio dos 3 R's**. São Paulo, 2018. Disponível em: <<https://horizonteambiental.com.br/reduzir-reutilizar-e-reciclar/>>. Acesso em: 20 de set. de 2020.

APOLLINÁRIO, F. **Dicionário de metodologia científica: um guia para a Produção do Conhecimento científico**. São Paulo: Atlas, 2004

ARANTES, P. C. F. G. **Lean Construction – filosofia e metodologias**. 2008. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade de Porto, Porto, 2008.

AWOYERA, P. O.; ADESINA, A. Plastic wastes to construction products: Status, limitations and future perspective. **Case Studies in Construction Materials**, v. 12, 2020.

BAKCHAN, A.; FAUST, K.M.; LEITE, F. Seven-dimensional automated construction waste quantification and management framework: integration with project and site planning. **Resources, conservation and recycling**, v. 146, p. 462-474, 2019.

BARDHAN, S. A. Assessment Of Water Resource Consumption In Building Construction In India. **Ecosystems And Sustainable Developmet**. v. 144, P. 93-101, 2011.

BRASIL. Lei nº 10.188, de 02 de fevereiro de 2001. Cria o Programa de Arrendamento Residencial, institui o arrendamento residencial com opção de compra e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 2001.

_____. Lei nº 11.977, de 07 de julho de 2009. Dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV e a regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 2009.

_____. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 2010.

_____. Lei nº 12.424, de 16 de junho de 2011. Altera a Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 2011.

Bernardes, A.; Thomé, A.; Prietto, P. D. M.; de Abreu, Á. G. Quantificação e classificação dos resíduos da construção e demolição coletados no município de Passo Fundo, RS. **Ambiente Construído**, v. 8, p. 65-76, 2008.

BEZERRA, J. S. **Análise dos custos de resíduos da construção civil em canteiros de obras em cidades do nordeste do Brasil**. 2015. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2015.

CAIXA - Caixa Econômica Federal. **Selo Casa Azul**. Brasília: Páginas & Letras Editora e Gráfica, 2010.

CAMARAGIBE. Lei nº 461, de 17 de dezembro de 2010. Dispõe sobre a coleta especial, disposição, transporte e destinação dos resíduos sólidos resultantes desta coleta. **Camãra Municipal de Camaragibe**, 2010.

CAMPOS, V. R., MATOS, N. S., BERTINI, A. A. Sustentabilidade E Gestão Ambiental Na Construção Civil: Análise Dos Sistemas De Certificação LEED E ISO 14001. **Revista Eletrônica Gestão & Saúde**. Brasil. v 6, p. 1104–1118, 2009.

CARELI, E. D. **A Resolução CONAMA nº 307/2002 e as novas condições para gestão dos resíduos de construção e demolição**. São Paulo, 2008. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2008.

CBCS – Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. **Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas**. Versão 1, nov. 2014.

CBIC – Comissão da Indústria Imobiliária. **Dez anos de Minha Casa, Minha Vida e sua importância para a economia**. Brasília, 2019.

_____. **Indicadores Imobiliários Nacionais** - 1º Trimestre de 2020. Medidas e impactos na empresa frente à pandemia. Brasília: CBIC, 2020.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - **CONAMA Nº. 001**, de 23 de janeiro de 1986. Diário Oficial de 17/02/1986. Brasília, DF. 1986.

_____. **Resolução nº 307**, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

_____. **Resolução nº 431**, de 25 de maio de 2011. Altera o art. 3º da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

DALBERIO, O.; DALBERIO, M. C. B. **Metodologia científica: desafios e caminhos**. São Paulo: Paulus, 2009.

DEMIRKESEN, S. Da Manufatura Enxuta à Construção Enxuta: Como Princípios, Ferramentas e Técnicas evoluíram. IM: **Manufatura Enxuta** . IntechOpen, 2021.

DUAN, H.; MILLER, T.R.; LIU, G.; TAM, V.W.Y. Construction debris become growing concern of growing cities. **Waste management**, v. 83, p. 1-5, 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional 2021**: ano base 2020. 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-596/BEN2021.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2022.

ESA, M.R.; HALOGA, A.; RIGAMONTI, L. Strategies for minimizing construction and demolition wastes in Malaysia. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 120, p. 219-229, 2017.

ESCARIO, J. J.; RODRIGUEZ-SANCHEZ, C.; CASALÓ, L. V. The influence of environmental attitudes and perceived effectiveness on recycling, reducing, and reusing packaging materials in Spain. **Waste Management** , v. 113, p. 251-260, 2020.

FANG, Y.; LI, S.; WU, X.A. systematic review of lean construction in Mainland China **Journal of Cleaner Production**, v. 257, p. 1-16, 2020.

FARIAS, A. B. **Análise Técnica e econômica de resíduos da construção e demolição aplicados em pavimentação**. 2013. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2013.

FERNANDES, M. P. M. **Apreciação de boas práticas visando à geração de um modelo para gestão municipal dos resíduos da construção civil**. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, BR-RS, 2013.

FERREIRA NETO, A. B.; CORRÊA, W. L. R.; PEROBELLI, F. S. Consumo de energia e crescimento econômico: uma análise do Brasil no período 1970-2009. **Análise Econômica**, v. 34, n. 65, p. 181-204, set. 2019.

GARBARINO, E.; BLENGINI, E. A. The economics of construction and demolition waste (C&DW) management facilities. IM: PACHECO-TORGAL, F.; TAM, V. W. Y.; LABRINCHA, J. A.; DING, Y.; DE BRITO, J. (Org.). **Handbook of recycled concrete and demolition waste**. Philadelphia, 2013, p. 108-138.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, J. A. P.; LONGO, O. C. Mudança de cultura e apoio da tecnologia dão base à transformação digital na construção civil no enfrentamento à crise do covid 19. **Brazilian Journal of Development**. V.6, n. 8, p. 58884-58903, 2020.

GONSALVES, E. P. **Iniciação à pesquisa científica**. 3. ed. Campinas: Alínea, 2003.

GULLO, M. C. A economia na pandemia Covid – 19: algumas considerações/ The economy in pandemic Covid -19: Some considerations. **Rosa dos ventos – Turismo e Hospitalidade**, v. 12, n. 3, 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Desemprego recua para 13,9% no 4º tri, mas taxa média do ano é a maior desde 2012**. 2021a. Disponível em: < <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/30130-desemprego-recua-para-13-9-no-quarto-trimestre-mas-e-o-maior-para-o-ano-desde-2012>>. Acesso em: 04 mar. 2021.

_____. **PIB cai 4,1% em 2020 e fecha o ano em R\$ 7,4 trilhões**. 2021b. Disponível em: < <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/30165-pib-cai-4-1-em-2020-e-fecha-o-ano-em-r-7-4-trilhoes>>. Acesso em: 04 mar. 2021.

_____. **Pernambuco**. 2020. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/historico>>. Acesso em: 26 fev. 2021.

JABOATÃO DOS GUARARAPES. Lei nº 112, de 09 de agosto de 2001. Dispõe sobre a coleta, transporte, tratamento e destino final de resíduos sólidos no território do município, e dá outras providências correlatas. **Camãra Municipal de Jaboatão dos Guararapes**, 2001.

KABIRIFAR, K.; MOJTAHEDI, M.; WANG, C.; TAM, V. W. Y. Construction and demolition waste management contributing factors coupled with reduce, reuse, and recycle strategies for effective waste management: A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 263, p. 1-16, 2020.

KOUSHIK, P.; SUBHASISH, C.; AMIT, D.; AKHOURI, P. K.; SUBHABRATA, R. A. comprehensive optimization model for integrated solid waste management system: A case study. **Environmental Engineering Research**, v. 24, p. 220-237, 2019.

LAFAYETTE, K. P. V.; PAZ, D. H. F.; HOLANDA, M. J. O.; COSTA, L. A. R. C. Analysis of generation and characterization of construction and demolition waste on construction sites in the city of Recife, Brazil. **Revista Matéria**, v. 23, n. 3, 2018.

LI, J.; YAO, Y.; ZUO, J.; LI, J. Key policies to the development of construction and demolition waste recycling industry in China. **Waste Mananagement**, v. 108, p. 137-143, 2020.

LIMA, F.S.N.S. **Aproveitamento de resíduos de construção na fabricação de argamassas.** 2005. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2005.

LINS, E. J. M. **Banco de dados de indicadores de resíduos de construção e demolição (RCD) procedentes de edificações na cidade do Recife.** 2020. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2020.

LOPES, A. P. G.; SILVA JUNIOR, D. P.; MIRANDA, D. A. Análise crítica de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial: estudo comparativo dos municípios de Belo Horizonte (MG), Recife (PE) e Rio Branco (AC). **Revista Petra**, v. 1, n. 2, 2015, pp. 219-238.

MARQUES NETO, J. C.; SCHALCH, V. **Gestão dos Resíduos de Construção e Demolição: Estudo da Situação no Município de São Carlos, SP.** Engenharia Civil, Minho, Portugal, v. 36, p. 41- 50, 2010.

MARQUES, C. T.; GOMES, B. M. F.; BRANDLI, L. L. Consumo de água e energia em canteiros de obra: um estudo de caso do diagnóstico a ações visando à sustentabilidade. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 79-90, out./dez. 2017.

MARTÍN-MORALES, M.; ZAMORANO, M.; VALVERDE-PALACIOS, I.; CUENCA-MOYANO, G. M.; SÁNCHEZ-ROLDÁN, Z. Quality control of recycled aggregates (RAs) from construction and demolition waste (CDW). IM: PACHECO-TORGAL, F.; TAM, V. W. Y.; LABRINCHA, J. A.; DING, Y.; DE BRITO, J. (Org.). **Handbook of recycled concrete and demolition waste.** Philadelphia, 2013, p. 270-303.

MCCORMACK, M.; TRELOAR, G. J.; PALMOWISKI, L. M.; CRAWFORD, R. H. Modelling Direct and Indirect Water Requirements of Construction. **Building Research & Information**, v. 35, n. 2, p. 156-162, 2007.

MELLO, S. P. T.; SANTOS, R. E. N.; SANTOS, C. S. Política habitacional social: estudando a satisfação dos arrendatários originais do programa de arrendamento residencial–par no sul do brasil. **Revista Brasileira de Gestão e Inovação (Brazilian Journal of Management & Innovation)**, v. 4, nº 1, p. 112-131, 2016.

MENDONÇA, F. C.; SOUZA JUNIOR, A. L.; FRANCISCO, M. Y. N.; MAIA, L. M. S. Análise dos impactos na construção civil frente à pandemia da COVID-19. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.10, p. 101651-101665, 2021.

MENEGAKI, M.; DAMIGOS, D. A review on current situation and challenges of construction and demolition waste management. **Current Opinion in Green Sustainable Chemistry**, v. 13, p. 8-15, 2018.

_____. **Sobre a doença**, 2020. Página inicial. Disponível em: <<https://coronavirus.saude.gov.br/sobre-a-doenca#como-se-proteger>> Acesso em: 04 mar. de 2021.

MONTEIRO, J. H. P.; FIGUEIREDO, C. E. M.; MAGALHÃES, A. F.; MELO, M. A. F.; BRITO, J. C. X.; ALMEIDA, T. P. F.; MANSUR, G. L. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos.** Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

NGOC, H. H.; TOMONORI, I.; RIEKO, K.; MASATO, Y. KEN, K. A review of construction and demolition waste management in Southeast Asia. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 22, p. 315-325, 2019.

NUNES, K. R. A.; MAHLER, C. F. Comparison of construction and demolition waste management between Brazil, European Union and USA. **Waste Management & Research**, v. 38, p. 415-422, 2020.

PALANSOORIYA, K. N.; OK, Y. S.; AWAD, Y. M.; LEE, S. S.; SUNG, J. K.; KOUTSOSPYROS, A.; MOON, D. H. Impacts of biochar application on upland agriculture: a review. **Journal of Environmental Management**, v. 234, p.52–64, 2019.

PAZ, D. H. F. **Desenvolvimento de um sistema de apoio ao gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil em canteiros de obras de edificações urbanas**. 2014. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2014.

PERNAMBUCO. Lei nº 14. 236, de 13 de dezembro de 2010. Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos, e dá outras providências. **Constituição do Estado de Pernambuco**, 2010.

PINTO, T. de P. **Metodologia para a Gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Urbana**. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia – Área de Concentração: Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica, USP, São Paulo, 1999.

PROCELINFO - Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética. **Selo Procel Edificações**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={8E03DCDE-FAE6-470C-90CB-922E4DD0542C}#>>. Acesso em: 15 out. 2019.

QUAGLIO; R. S.; ARANA, A. R. A. Diagnóstico da gestão de perdas da construção civil a partir da leitura da paisagem urbana. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.32, p. 457-471, 2020.

RECIFE. Lei nº 17.072, de 03 de janeiro de 2005. Estabelece as diretrizes e critérios para o programa de gerenciamento de resíduos da construção civil. **Câmara Municipal de Recife**, 2005.

_____. Lei nº 18.011, de 28 de abril de 2014. Dispõe sobre a Política de Sustentabilidade e de Enfrentamento das Mudanças Climáticas do Recife e dá outras providências. **Câmara Municipal de Recife**, 2014.

REFKALEFSKY, I. G. **Construção civil e a pandemia de COVID-19: Análise dos impactos nos empreendimentos imobiliários**. Projeto de Graduação apresentada ao curso de engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2021.

ROCHA, M. S. F.; LIRA, K. M. H.; SILVA, L. S.; GONZAGA, G. B. M. Produção e Descarte de resíduos na construção civil: uma forma de combate ao Aedes Aegypti. **Ciências exatas e tecnológicas**, Maceió, v. 3, n. 3, p. 185-196, 2016.

SANTOS, C. P. **Consumo de água em canteiros de obras no município de Recife/PE**. 2014. Dissertação de mestrado – Universidade de Pernambuco. Recife, 2014.

SANTOS, C. P.; SILVA, S. R.; CERQUEIRA, C. A. Water consumption in construction sites in the city of Recife/PE. **Electronic Journal of Geotechnical Engineering**. V. 20, n. 7, p. 1711-1726, 2015.

SCHEINBERG, A.; SPIES, S.; SIMPSON, M. H.; MOL, A. P. J. Assessing urban recycling in low- and middle-income countries: Building on modernised mixtures. **Habitat International**, v. 35, p. 188-198, 2011.

SELL, I. Utilização da regressão linear como ferramenta de decisão na gestão de custos. In: IX CONGRESSO INTERNACIONAL DE CUSTOS, 2005, Florianópolis. **Anais[...]**, 2005. p. 1-13.

SEROR, N.; PORTNOV, B. A. Identifying areas under potential risk of illegal construction and demolition waste dumping using GIS tools. **Waste Management**, v. 75, p. 22-29, 2018.

SILVA, L. C. L.; BATISTA, J. M.; SANTOS, C. R. B.; LAFAYETTE, K. P.V.; SILVA, T. A. Geração dos resíduos da construção civil em habitações de interesse social. IM: SILVA, T. S.; MARQUES, M. M. N.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Desmaterialização dos resíduos sólidos: estratégias para a sustentabilidade**. Recife: EDUFRPE, 2020. p. 482-491.

SILVA, R. V.; DE BRITO, J.; LYNN, C. J.; DHIR, R. K. Environmental impacts of the use of bottom ashes from municipal solid waste incineration: a review. **Resources Conservation and Recycling**, v. 140, p. 23–35, 2019.

SILVA, T. E. F. **Análise da estabilidade da encosta do Miradouro de São Pedro de Alcântara, Lisboa**. 2020. 81 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2020.

SINGH, A. Managing the uncertainty problems of municipal solid waste disposal. **Journal of environmental management**, v. 240, p. 259-265, 2019.

SINGH, S.; KUMAR, K. A study of lean construction and visual management tools through cluster analysis. **Ain Shams Engineering Journal**, p. 1-10, 2020.

SOARES, D. H. **Estudo da geração dos resíduos da construção civil (RCC) em empreendimento habitacional de interesse social no município de Taquaritinga-SP**. 2015. Dissertação (Mestrado) – Centro de ciências exatas e tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

SOLÍS-GUZMAN, J. et al. A Spanish Model For Quantification and Management of Construction Waste. **Waste Management**, v. 29, n. 9, p. 2542- 2548, 2009.

SOUZA, V. B. **Avaliação da Geração de Entulho em Conjunto Habitacional Popular – Estudo de Caso**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2005.

SRIVASTAVA, R. Solid Waste Management and Its Impact on the Environment. In: **Environmental and Human Health impacts of Plastic Pollution**. IGI Global, 2020. p. 389-400

SUGAHARA, E. S.; FREITAS, M. R.; CRUZ, V. A. L. Análise das certificações ambientais de edificações: AQUA, PROCEL, LEED E CASA AZUL. **Interação-Revista de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 23, n. 1, p. 12-24, 2021.

TANG, Z.; LI, W.; TAM, V. W. Y.; XUE, C. Advanced progress in recycling municipal and construction solid wastes for manufacturing sustainable construction materials. **Resources, Conservation & Recycling: X**, v. 6, p. 100036, 2020.

THENMOZHI, M. S.; DIVAKAR, K. Study on Effective Way to Reduce Construction Waste using R Programming. **International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)**, v. 9, p. 236-242, 2020.

TROSCHINETZ, A. M.; MIHELICIC, J. R. Sustainable recycling of municipal solid waste in developing countries. **Waste Management**, v. 29, p. 915-923, 2009.

UNEP. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Global Environment Outlook 6**. Londres, Reino Unido: Earthscan Publications, 2019, 460p. Disponível: <https://www.unep.org/resources/global-environment-outlook-6> Acesso em: 10 mar. 2021.

UNIÃO PIONEIRA DE INTEGRAÇÃO SOCIAL. **O que é sustentabilidade: entenda os diferentes tipos e práticas**. Brasília, 2019. Disponível em: < <https://upis.br/blog/sustentabilidade/>>. Acesso em: 20 de set. de 2020.

VANZOLINI, P. **AQUA-HQE busca proporcionar condições ideais de conforto e saúde para os usuários**. Disponível em: <<https://vanzolini.org.br/aqua/2016/12/26/aqua-hqe-buscaproporcionar-condicoes-ideais-de-conforto-e-saude-para-os-usuarios/>>. Acesso em: 18 out. 2019.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em Administração**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

VIEIRA, C. R. **Análise da geração de resíduos da construção civil, consumo de água e energia nos canteiros de obra da cidade do Recife – PE**. 2018. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2018.

VIEIRA, C. R.; ROCHA, J. H. A.; LAFAYETTE, K. P. V.; SILVA, D. M. Análise da geração de resíduos da construção e demolição nos canteiros de obra da cidade do Recife – PE. **Revista Portuguesa de Estudos Regionais**, nº 59, p. 153-169, 2021.

WATERWISE. **International Water Association Efficient**. 2017. Disponível em: <<http://www.waterwise.org.uk>>. Acesso em: 9 mar. 2021

WRAP – Waste & Resources Action Programme. **Auditing of water use on construction sites – phase I & phase II**. United Kingdom. 2012. 140 p.

WHITTAKER, M. J.; GRIGORIADIS, K.; SOUTSOS, M.; WEISHA; KLINGE, A.; PAGANONI, S.; CASADO, M.; BRANDER, L.; MOUSAVI, M.; SCULLIN, M.; CORREIA, R.; ZERBI, T.; STAIANO, G.; MERLI, I.; INGROSSO, I.; ATTANASIO, A.; LARGO, A. Novel construction and demolition waste (CDW) treatment and uses to maximize reuse and recycling. **Advances in Building Energy Research**, v. 15, n. 2, pág. 253-269, 2021

APÊNDICE A

PRAZOS PLANEJADOS, PREVISTOS E EXECUTADAS DA ETAPA DE FUNDAÇÃO

Figura 50 - Cronograma previsto no planejamento

CRONOGRAMA EXECUÇÃO FUNDAÇÃO										
BLOCOS	14/09/2020	21/09/2020	28/09/2020	05/10/2020	12/10/2020	19/10/2020	02/11/2020	09/11/2020	16/11/2020	23/11/2020
	18/09/2020	25/09/2020	02/10/2020	09/10/2020	16/10/2020	23/10/2020	06/11/2020	13/11/2020	20/11/2020	27/11/2020
BLOCO 03	RADIER - PRAZO INICIAL									
BLOCO 02	RADIER - PRAZO INICIAL									
BLOCO 01	RADIER - PRAZO INICIAL									
BLOCO 04	RADIER - PRAZO INICIAL									
BLOCO 05	RADIER - PRAZO INICIAL									
BLOCO 06	RADIER - PRAZO INICIAL									
BLOCO 07	RADIER - PRAZO INICIAL									

Fonte: Autora

Figura 51 - Cronograma durante a execução

CRONOGRAMA EXECUÇÃO FUNDAÇÃO - ATRASOS															
BLOCOS	14/09/2020	21/09/2020	28/09/2020	05/10/2020	12/10/2020	19/10/2020	02/11/2020	09/11/2020	16/11/2020	23/11/2020	30/11/2020	07/12/2020	14/12/2020	21/12/2020	29/21/2020
	18/09/2020	25/09/2020	02/10/2020	09/10/2020	16/10/2020	23/10/2020	06/11/2020	13/11/2020	20/11/2020	27/11/2020	04/12/2020	11/12/2020	18/12/2020	26/12/2020	04/01/2021
BLOCO 03	EXECUTADO														
BLOCO 02	EXECUTADO														
BLOCO 01	RADIER														
BLOCO 04	RADIER				PREVISÃO										
BLOCO 05	RADIER				PREVISÃO										
BLOCO 06	RADIER				PREVISÃO										
BLOCO 07	RADIER				PREVISÃO										

Fonte: Autora

Figura 52 - Cronograma das fundações executadas

CRONOGRAMA EXECUÇÃO FUNDAÇÃO - REALIZADOS																
BLOCOS	02/11/2020	09/11/2020	16/11/2020	23/11/2020	30/11/2020	07/12/2020	14/12/2020	21/12/2020	28/12/2020	04/01/2021	11/01/2021	18/01/2021	...	29/03/2021	05/04/2021	13/04/2021
	06/11/2020	13/11/2020	20/11/2020	27/11/2020	04/12/2020	11/12/2020	18/12/2020	25/12/2020	01/01/2021	08/01/2021	15/01/2021	22/01/2021	...	02/04/2021	09/04/2021	16/04/2021
BLOCO 03																
BLOCO 02																
BLOCO 01	EXECUÇÃO															
BLOCO 04	EXECUÇÃO															
BLOCO 05			EXECUÇÃO													
BLOCO 06										EXECUÇÃO						
BLOCO 07														EXECUÇÃO		

Fonte: Autora