

JULIANO SOUSA DE ARAUJO

**Estudo de ações sustentáveis para o exercício da construção civil com base em análise
dos impactos ambientais gerados**

Guaratinguetá - SP
2020

Juliano Sousa de Araujo

**Estudo de ações sustentáveis para o exercício da construção civil com base em
análise dos impactos ambientais gerados**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Márcia Regina de Freitas.

Guaratinguetá - SP
2020

A663e	Araújo, Juliano Sousa Estudo de ações sustentáveis para o exercício da construção civil com base em análise dos impactos ambientais gerados / Juliano Sousa de Araujo – Guaratinguetá, 2020. 95 f. : il. Bibliografia : f. 85-95 Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2020. Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Márcia Regina de Freitas 1. Indústria de Construção Civil – Aspectos ambientais. 2. Gerenciamento de resíduos. 3. Construção sustentável. I. Título. CDU 69
-------	---

Luciana Máximo

Bibliotecária-CRB-8/3595

JULIANO SOUSA DE ARAUJO

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO

COMO

PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE

“GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



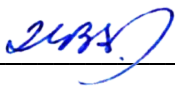
Prof.ª. Dr.ª. Isabel Cristina de Barros Trannin Coordenadora

BANCA EXAMINADORA:



Prof.ª. Dr.ª. MÁRCIA REGINA DE FREITAS

Orientador/UNESP-FEG



Prof.ª. Dr.ª. ISABEL CRISTINA DE BARROS TRANNIN

UNESP-FEG



Prof. Dr. PAULO VALLADARES SOARES

UNESP-FEG

Fevereiro 2021

Dedico este trabalho em especial aos meus familiares, e à minha namorada, que sempre estiveram ao meu lado nos momentos mais difíceis. Dedico também, a todos aqueles que lutam bravamente para alcançarem seus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus: pela saúde, pelas oportunidades e pela força de empenho que me proporcionou.

Aos guias da minha religião, por me mostrarem um caminho de luz e, por muitas vezes, proporcionarem a mim a paz e o conforto em horas de grandes dificuldades.

Aos meus pais, Rubens Almeida de Araujo e Maria José Pereira de Sousa, pelo amor e por muitos momentos de felicidade. Além disso, por me tornarem quem eu sou hoje, proporcionando-me os meios materiais e imateriais para alcançar os meus sonhos e me mostrando um caminho de honestidade e justiça.

Ao meu irmão, Rubens Henrique Sousa de Araujo, agradeço por muitos momentos de alegria! Sua cumplicidade em todos os momentos, parceria e incentivo me fizeram crer nos meus sonhos e buscar meios de conquistar meus objetivos.

À minha namorada, Luiza Santana da Costa, por me proporcionar inúmeros momentos de alegria e amor, além disso, pelo apoio irrestrito e incondicional sempre que precisei de sua ajuda.

Aos meus amigos, muito obrigado pelos momentos de alegria e diversão que me proporcionaram.

Ao professor Daniel Julien Barros da Silva Sampaio, por me ajudar a realizar um dos meus sonhos: fazer um intercâmbio e ter a possibilidade de conhecer outros países.

Aos professores do departamento de engenharia civil, agradeço! Sem eles eu não obteria o conhecimento necessário para me tornar um engenheiro capacitado. Agradeço em especial à

Dr^a. Márcia Regina de Freitas, por aceitar ser minha orientadora e por ter a paciência de tirar minhas dúvidas. Além disso, pelo conhecimento que me ensinou como professora e como orientadora.

A todos aqueles que de alguma forma me ajudaram a chegar até aqui, os meus mais sinceros agradecimentos.

RESUMO

A construção civil é uma indústria de suma importância para a economia brasileira, empregando milhares de trabalhadores. Porém, sua atividade gera impactos de vastas proporções, a começar pelos ambientais desde a extração dos materiais e o seu mau uso durante a obra, até a grande quantidade de resíduos gerados em reformas e demolições, que terminam por ser despejados incorretamente em locais e condições inapropriadas. Neste sentido, por meio de um levantamento bibliográfico, este trabalho focará em identificar os problemas ambientais gerados na etapa de construção e na destinação inadequada dos resíduos. Serão analisados também possíveis agravantes do cenário brasileiro: a mão de obra despreparada; um setor público omissor que não controla os resíduos de construção; e a falta de um gerenciamento adequado das obras. Por fim, serão apontadas novas técnicas da construção, presentes em bibliografias reconhecidas, que vão de encontro ao combate à geração dos impactos ambientais identificados, e que trazem maior industrialização para a construção. Além das técnicas de construção, será executado um comparativo econômico e ambiental entre dois sistemas construtivos: Alvenaria Convencional e *Light Steel Frame*. O que contribui para verificar se, apesar dos ganhos ambientais, há aplicabilidade de custos de outros métodos construtivos quando comparados ao Sistema Convencional. Finalmente, após a pesquisa foi possível identificar diversas estratégias que combatem o impacto ambiental por meio de ações que incluem planejamento, uma gestão adequada e técnicas inovadoras, sendo possível reduzir a geração de resíduos, além do consumo de materiais. E, quando estas ações são aliadas a outras medidas mitigadoras que visem conscientizar e instruir a população e os trabalhadores, possibilita-se diminuir consideravelmente suas consequências negativas, trazendo maior sustentabilidade, e tornando a construção civil mais “verde”.

Palavras-chave: Indústria de construção civil – aspectos ambientais. Gerenciamento de resíduos. Construção sustentável.

ABSTRACT

The Civil construction is an industry of paramount importance for the Brazilian economy, employing thousands of workers. However, its activity generates impacts of vast proportions, starting with the following environmental aspects: from the extraction of materials and their misuse during a work to the maximum amount of waste generated in renovations and demolitions, which ends up being dumped incorrectly in places and conditions inappropriate. In this sense, through a bibliographic survey, this work will focus on identifying the environmental problems generated in the construction stage, and the inappropriate destination of the waste. As well as, possible aggravating factors in the Brazilian scenario will also be analyzed: unprepared labor; an omitted public sector that does not control construction waste; and the lack of proper management of the works. Finally, new construction techniques will be pointed out, present in recognized bibliographies, which go against combating the generation of the identified environmental impacts, which bring greater industrialization to the construction. In addition to the construction techniques, an economic and environmental comparison will be performed between two construction systems: Conventional System of Construction and Light Steel Frame. This comparison contributes to verify if, despite the environmental gains, there is applicability of costs of other construction methods when compared to the Conventional System. In conclusion, after the research it was possible to identify several strategies that combat the environmental impact, through actions that apply planning, adequate management and innovative techniques, it is possible to reduce the generation of waste in addition to the consumption of materials. And, when combined with other mitigating measures that aim to raise awareness and instruct the population and workers, they can considerably reduce their negative consequences, thus bringing greater sustainability, and making civil construction “greener”.

Keywords: Civil construction industry - environmental aspects. Waste management. Sustainable construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Escolha profissional.....	23
Figura 2 – Disposição irregular de RCC.....	26
Figura 3 – Bloco Ecológico.....	32
Figura 4 – Bloco de concreto reciclado.....	33
Figura 5 – Formas para parede de concreto moldada <i>in loco</i>	35
Figura 6 – Contêiner reciclado.....	37
Figura 7 – Fabricação de módulos em fábrica.....	38
Figura 8- Montagem em obra.....	39
Figura 9 – Estruturas Pré-fabricadas.....	40
Figura 10 – Passagem de tubulações através da parede em alvenaria estrutural.....	41
Figura 11 – Casa em <i>Light Steel Frame</i>	42
Figura 12 – Impressora 3D de casas.....	44
Figura 13- Impressora 3D e a casa feita com terra.....	45
Figura 14 – 5R's.....	47
Figura 15 – Reciclagem de resíduos classe A em canteiros de obras.....	49
Figura 16 – Fluxo reverso na construção civil.....	51
Figura 17 – Benefícios da Logística Reversa.....	52
Figura 18 – Fluxograma da logística reversa do gesso.....	53
Figura 19 – Relação entre os atores envolvidos.....	54
Figura 20 – Estratégias legais.....	56
Figura 21 – Conscientização dos envolvidos.....	57
Figura 22 – Modelo de qualificação.....	63
Figura 23 – Ciclo da água para reutilização no lava-rodas e bicas.....	68
Figura 24 - Etapas da Pesquisa.....	72
Figura 25 - Comparativo econômico.....	80
Figura 26 - Comparativo ambiental.....	81

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais causas de desperdícios, retrabalhos e interrupções.....	27
Quadro 2 – Composição dos cimentos Portland.....	30
Quadro 3 – Base das proporções utilizadas para a confecção do bloco.....	33
Quadro 4 – Custo comparativo entre ensino presencial e à distância.....	66
Quadro 5 - Propostas de Materiais Sustentáveis.....	74
Quadro 6 - Sistemas Construtivos.....	75
Quadro 7 - Propostas para redução e/ou manejo de resíduos.....	76
Quadro 8 - Gerenciamento de Obra.....	77
Quadro 9 - Mão de Obra.....	77
Quadro 10 - Consumo de água.....	78
Quadro 11 - Custos diretos globais.....	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	Três Dimensões;
4D	Quatro Dimensões;
5D	Cinco Dimensões;
5S	Cinco Sensores;
ABCP	Associação Brasileira de Cimento <i>Portland</i> ;
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas;
ATT	Área de Transbordo e Triagem;
BBC	British Broadcasting Corporation - Corporação Britânica de Radiofusão;
BIM	<i>Building Information Modeling</i> - Modelagem da informação de construção;
CAD	<i>Computer-Aided Design</i> - Desenho assistido por computador;
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável;
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos;
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente;
CP	Cimento <i>Portland</i> ;
EPR	<i>Extended Product Responsibility</i> – Responsabilidade Estendida do Produto;
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas;
NBR	Norma Brasileira;
PBQP-H	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat;
PEV	Posto de Entrega Voluntária;
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólido;
PVC	Policloreto de Vinila;
RCC	Resíduo de Construção Civil;
RCD	Resíduos de Construção e Demolição;
RG	Resíduo de Gesso;
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas;
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial;
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção Civil.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	JUSTIFICATIVA.....	13
1.2	OBJETIVOS.....	14
1.2.1	Objetivos Gerais.....	14
1.2.2	Objetivos Específicos.....	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1	APRESENTAÇÃO DO PANORAMA AMBIENTAL COM RELAÇÃO AOS IMPACTOS GERADOS PELA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	16
2.1.1	Aquecimento Global e a Sustentabilidade.....	16
2.1.2	Impacto ambiental.....	18
2.1.2.1	Geração de Resíduos.....	18
2.1.2.2	Poluição.....	20
2.1.2.3	Consumo de Água.....	21
2.1.3	Agravantes do Cenário Brasileiro.....	22
2.1.3.1	Qualificação da Mão de Obra.....	22
2.1.3.2	Setor Público.....	24
2.1.3.3	Planejamento.....	26
2.2.	PROPOSIÇÕES SUSTENTÁVEIS PARA O EXERCÍCIO DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	27
2.2.1	Materiais.....	28
2.2.1.1	Cimento CPIII e CPIV.....	28
2.2.1.2	Concreto Ecológico.....	29
2.2.1.3	Tijolo Ecológico.....	31
2.2.1.4	Bloco com material reciclado.....	33
2.2.2	Sistemas Construtivos.....	34
2.2.2.1	Parede de Concreto Moldada <i>in Loco</i>	34
2.2.2.2	Construção Modular.....	36
2.2.2.3	Estrutura e vedação em Pré-fabricados de Concreto.....	39
2.2.2.4	Alvenaria Estrutural.....	40
2.2.2.5	<i>Light Steel Frame</i>	41
2.2.2.6	Impressão 3D na Construção Civil.....	43

2.2.3	Resíduos.....	46
2.2.3.1	5R's.....	46
2.2.3.2	Procedimentos para Manejo de Resíduos Classe A em Obra.....	47
2.2.3.3	Logística Reversa.....	49
2.2.3.4	Procedimentos de Logística Reversa para resíduos de gesso.....	51
2.2.3.5	Gestão e Manejo de Resíduos de Pequenas Obras.....	53
2.2.4	Gerenciamento de Obra.....	57
2.2.4.1	<i>Building Information Modeling (BIM)</i>	57
2.2.4.2	Construção Enxuta.....	58
2.1.5	Mão de Obra.....	60
2.2.5.1	Estratégias de Implementação para Municípios.....	61
2.2.5.2	Exemplo de Treinamento junto a Instituições.....	64
2.2.5.3	Ensino com novas tecnologias.....	65
2.1.6	Medidas de Redução do Consumo de Água.....	67
2.2.6.1	Reuso de Água Cinza.....	67
2.2.6.2	Água de Chuva.....	69
2.2.6.3	Uso Racional.....	70
3	METODOLOGIA.....	71
3.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	71
3.2	ETAPAS DE PESQUISA.....	71
3.3	ANÁLISE DE DADOS.....	72
3.4	FUNDAMENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	73
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	74
4.1	BENEFÍCIOS E IMPACTOS MITIGADOS.....	74
4.2	COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS CONSTRUTIVOS.....	79
5	CONCLUSÃO.....	83
5.1	TRABALHOS FUTUROS.....	83
	REFERÊNCIAS.....	834

1 INTRODUÇÃO

Segundo Teixeira e Carvalho (2005), a indústria da construção civil é um setor econômico estratégico devido ao seu tamanho e impacto direto na economia brasileira. O seu papel de ligar diferentes setores produtivos é comparado ao da indústria automobilística, afetando diversos setores da economia nacional.

O investimento no setor da construção civil tem muitos resultados e, além de desenvolvimento, gera renda, principalmente devido à grande quantidade de pessoas empregadas. Este é o principal motivo de inúmeros governantes investirem ou terem investido no ramo, buscando uma saída para uma eventual crise, bem como avanço econômico e/ou social.

Apesar da importância que apresenta, por ser uma das mais antigas indústrias, a construção civil no Brasil ainda se encontra com métodos e pensamentos do passado. Segundo Ceotto (2017), o setor tem mostrado avanços e modernização, porém é conhecida sua defasagem em relação aos outros setores da economia brasileira. Apesar de ter havido avanços, é preciso trazer cada vez mais inovação para este setor, que ainda hoje é um dos mais retrógrados da economia nacional.

Por ser uma indústria pouco inovadora, os processos são ultrapassados, quando não, obsoletos, como se vê com os métodos construtivos no Brasil, nos quais persiste o uso da construção com blocos e concreto da forma mais artesanal possível. Esses fatores se traduzem em maior desperdício, menor competitividade, perdas econômicas e impactos ambientais.

Para Honório (2002), enquanto outros segmentos econômicos, como a indústria de transformação, possibilitam a utilização de técnicas de modernização da produção, o mesmo não é tão facilmente aplicável para a construção civil, que possui características próprias que tornam a produção em série mais complicada.

A cada empreendimento a “planta industrial” muda de lugar, portanto, é uma produção não seriada, uma vez que a cada obra é preciso se adaptar às diferentes características e desafios que a mesma impõe, o que resulta em dificuldades para se verificar a qualidade e aplicar técnicas de linhas de produção. Apesar de ser uma produção heterogênea, o foco da construção deve atender aos requisitos de uma obra sustentável, que busca interagir com o meio interior e exterior à mesma, levando em conta as características de cada projeto.

De acordo com Araújo (2008), a base para se executar uma construção sustentável estabelece-se em dois pilares: características e dificuldades apresentadas pela obra, uma vez

que cada construção possui suas necessidades e sua forma de interagir com o meio externo é diferente.

Além dos impactos gerados pela edificação, atualmente ainda existem fatores agravantes no cenário brasileiro: mão de obra desqualificada; setor público omissivo; falta de planejamento das obras e pouca ou nula aplicação de inovações. Para mudar essa situação, é preciso aplicar técnicas que busquem a industrialização do setor e formas de construção diferentes, bem planejadas e que respeitem o trabalhador da obra e o meio ambiente.

Farias (2019) aponta que, frequentemente, o meio ambiente não é o foco quando trata-se de economia, sendo relegado ao segundo lugar. Porém, isso mostra-se ser completamente inconsistente, uma vez que o meio ambiente é o gerador dos recursos para a continuidade da atividade econômica.

Frequentemente, o ganho econômico está à frente do ambiental; o que se vê é uma grande quantidade de poluição sendo gerada sem controle algum devido ao uso irrestrito de recursos, que termina por gerar uma quantidade significativa de desperdício. Em grande parte, isto é oriundo de uma gestão de obras falha ou inexistente. Por fim, além do consumo exacerbado, não há um manejo adequado dos resíduos finais, tanto por parte das construtoras quanto dos governantes, sendo os resíduos muitas vezes estocados em locais inadequados.

Enfim, é sabido que a construção civil é uma “engrenagem” fundamental para a economia brasileira, porém o impacto negativo gerado por esta, se não bem controlado, pode ser catastrófico. Conclui-se assim que a atual forma de construir no Brasil precisa se inovar e inserir novas técnicas que apliquem cada vez mais os processos industriais, sendo este um dos focos deste trabalho: sugerir inovação para essa indústria. E, por meio dessa nova forma de construir, mais sustentável, prevê-se que o setor deixará de ser tão impactante para o meio ambiente.

1.1 JUSTIFICATIVA

A cada ano vê-se a humanidade utilizar os recursos naturais, os quais poderiam ser renovados sem prejuízos ao meio ambiente, de modo cada vez mais acelerado. Esse índice que mede a velocidade de consumo de recursos, comparando com o que é renovado pelo planeta é medido a mais de 50 anos e em 2019 foi quebrado o recorde histórico, seguindo a tendência dos últimos anos.

A humanidade está levando o mundo ao colapso e uma mudança de paradigma, além de bem-vinda, é necessária. Sendo assim, procurar os setores mais impactantes para o meio ambiente e estudar maneiras de corrigi-los é vital.

A construção civil é considerada como uma das indústrias que mais consomem recursos, muito disso, não apenas devido a sua importância econômica, mas também à precariedade em aplicar inovação e tecnologias, sendo as mesmas pouco difundidas, permanecendo até mesmo desconhecidas por grande parte dos trabalhadores e usuários. Desta forma, mais pesquisas que colaborem para a difusão de novas ideias e maneiras de inovar a construção civil são de suma importância, visando promover mudanças nesse cenário.

O desperdício de recursos é outro ponto que chama a atenção, uma vez que os números são altos e as razões que levam a isso devem ser estudadas para que soluções possam ser desenvolvidas e aplicadas.

Sendo assim, uma pesquisa que colabore para a aplicação de inovação e tecnologias na forma de construir, como também em gerir tanto as obras quanto os resíduos de construção nas cidades com foco na sustentabilidade, mostra-se ser fundamental para colaborar com a preservação do planeta, e conseqüentemente, do ser humano.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivos Gerais

Este trabalho tem por objetivo estudar as relações e origens dos principais impactos ambientais gerados durante o estágio da edificação, para assim propor a aplicação de medidas que vão de encontro à sustentabilidade, e sinalizem para a solução dos problemas encontrados.

1.2.2 Objetivos Específicos

Estudar a problemática dos processos relacionados à construção civil e seus impactos no ambiente, bem como sugerir ações, aplicações de métodos e técnicas que visem aumentar a eficiência do setor, para assim diminuir o custo das obras, e tornar as construções mais acessíveis e sustentáveis para todos.

Apresentar formas de mitigar os impactos negativos com soluções já disponíveis para o setor, mas não amplamente difundidas.

Comparar sistemas construtivos, um tradicionalmente usado e outro industrializado ainda pouco utilizado em obras no país, visando apresentar ganhos obtidos com as inovações inseridas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica proposta embasará os resultados deste trabalho e será desenvolvida em duas etapas: num primeiro momento, serão identificados os principais impactos pelos quais a construção civil é responsável, enquanto que, no segundo, serão apresentadas proposições de soluções sustentáveis para a problemática, de uma forma ampla que interconecte soluções em comum para impactos distintos.

2.1 APRESENTAÇÃO DO PANORAMA AMBIENTAL COM RELAÇÃO AOS IMPACTOS GERADOS PELA CONSTRUÇÃO CIVIL

2.1.1 Aquecimento Global e a Sustentabilidade

O aquecimento global é um fenômeno de mudança da temperatura climática. Os fatores antropogênicos estão relacionados por meio da emissão de gases de efeito que bloqueiam o calor emitido pelo sol, mantendo-o na superfície, o que termina por aumentar a temperatura média da Terra (SILVA; PAULA, 2009).

Como identificado por Stachera Junior (2008), a construção civil também é responsável pelo aquecimento global. Como se sabe, muitos de seus processos emitem gases de efeito estufa, além de utilizar uma grande quantidade de recursos naturais.

O concreto, um dos principais materiais da construção civil, é um dos recursos mais utilizados no planeta, com apenas a água à frente. É sabido também que se utiliza grande quantidade de água para cada metro cúbico de concreto.

De acordo com Lehne e Preston (2018), anualmente é consumido em torno de 10 bilhões de toneladas de concreto, sendo o segundo recurso mais utilizado no planeta, o que o torna responsável pela emissão de 8% das emissões de CO₂.

Logo, a indústria da construção possui grande contribuição para as alterações climáticas, como o aquecimento global (BRAGA; ROCHETA, 2008).

Stachera Junior (2008) cita ainda a inércia e a dificuldade para aplicar-se avanços, mesmo com questões tão impactantes como a perda de biodiversidade e mudanças climáticas.

Para acabar com essa inércia, ações devem ser realizadas, como incentivar a redução no consumo de concreto, consequentemente, de cimento, aplicar técnicas que visem a sustentabilidade e o uso consciente dos recursos, e aumentar a eficiência na construção civil.

A sustentabilidade ou desenvolvimento sustentável, termo originalmente apresentado em 1987 no relatório de Brundtland, foi definido como: “aquele que atende às necessidades

do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas necessidades”.

Esse termo atende, porém, de um modo mais generalista, a definição de sustentabilidade que para a construção civil é trazido por meio da construção sustentável, sendo:

Construção sustentável é um sistema construtivo que promove alterações conscientes no entorno, de forma a atender as necessidades de edificação, habitação e uso do homem moderno, preservando o meio ambiente e os recursos naturais, garantindo qualidade de vida para as gerações atuais e futuras [...] Desde seus primórdios, em 1973, ano da Crise do Petróleo, até o presente, a visão sobre o que é Construção sustentável vem se modificando e aprofundando, à semelhança dos organismos vivos quando submetidos a pressões para adequar-se e sobreviver (ARAÚJO, 2008, p.1).

Desde o século XX, o tema desenvolvimento sustentável tem avançado e ganhado mais atenção, com isso mais institutos e conselhos atuam com o objetivo de trazer melhorias, como:

- Relatório do Clube de Roma (1968);
- Declaração de Estocolmo (1972);
- Relatório de Bruntland (1987);
- Declaração do Rio (1992);
- Agenda 21 (1992);
- Rio+20: Economia Verde (2012);
- 5º Relatório IPCC¹ (2014);

Para Araújo (2008), os documentos acima citados estimulam um desenvolvimento sustentável que trabalhe o meio ambiente e os setores econômicos em conjunto.

Este autor ainda enumera quais seriam os passos para se obter edificações sustentáveis, sendo eles: “planejamento sustentável da obra; aproveitamento passivo dos recursos naturais; eficiência energética; gestão e economia da água; gestão dos resíduos na edificação; qualidade do ar e do ambiente interior; conforto termo-acústico; uso racional de materiais; uso de produtos e tecnologias ambientalmente amigáveis”. Como apresentado pelo autor, fica claro que para a obra ser sustentável deve ser muito bem planejada e analisada, verificando os seus possíveis impactos durante todos os estágios, desde o pré até o pós obra.

¹ IPCC=Intergovernmental Panel on Climate Change - Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas;

2.1.2 Impacto ambiental

Para o CONAMA, com o Artigo 1º da Resolução 1 de 23/01/1986, Impacto Ambiental é:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente, e a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986, p.1).

Como a construção civil tem uma participação significativa em grandes projetos que alteram drasticamente o meio ambiente, o seu poder de devastação é muito grande. É possível verificar impactos por meio da geração direta de resíduos; a poluição em suas diferentes esferas; e o consumo de materiais de forma desenfreada, que gera a necessidade de extração de mais recursos, maior alteração do meio ambiente, consequentemente, maior impacto ambiental.

2.1.2.1 Geração de Resíduos

Para se entender a temática da geração de Resíduos da Construção Civil (RCC), é necessário o entendimento do que é um resíduo sólido. De acordo com a NBR 10.004/2004 da ABNT, que trata da classificação dos resíduos sólidos, estes são definidos como:

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, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 10.004/2004, p.1).

Enquanto que RCC, de acordo com a NBR 15.113/2004 da ABNT, que trata dos resíduos da construção civil e resíduos inertes, são:

Resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como

tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (ABNT, 15.113/2004, p.2).

Além das definições, os resíduos seguem uma classificação de quatro classes A, B, C, D, como mostra a Tabela 1:

Tabela 1 – Classificação dos resíduos conforme CONAMA nº 307 e nº 431

Classes	Integrantes predominantes considerados na composição gravimétrica
A	Resíduos recicláveis, como agregados, tijolos, blocos, telhas, argamassa, concreto, areia e pedra.
B	Resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso.
C	Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem ou recuperação.
D	Resíduos perigosos como tintas, solventes, óleos e amianto (contaminados).

Fonte: Tessaro; Sá; Scremin (2012).

Após a classificação é possível identificar as formas de destinação dos resíduos, o que também segue quatro classes A, B, C, D, como a que segue na Tabela 2:

Tabela 2 – Formas de destinação dos resíduos da construção civil

Classes	Destinação
A	Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir sua utilização ou reciclagem futura.
B	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir sua utilização ou reciclagem futura.
C	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
D	Deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Fonte: Tessaro; Sá; Scremin (2012).

A partir de um estudo realizado por Pinto e Gonzáles (2005), demonstrou-se que o RCC pode atingir até 61% dos resíduos sólidos urbanos (em massa). Como se pode verificar, a quantidade de RCC produzida todos os dias é muito grande e a razão para isso, como já citado anteriormente, é que a construção brasileira é defasada tecnologicamente e utiliza métodos ultrapassados que geram desperdício de materiais.

Para Roth e Garcias (2011), a construção civil é uma engrenagem fundamental na economia brasileira, porém, ainda possui metodologias extremamente antiquadas que produzem quantidades massivas de resíduos. Os autores citam, por exemplo, a quebra de paredes para passagem de instalações, uma vez que estas já foi erguidas, mostrando quão ultrapassada é essa metodologia, enquanto que utilizando um sistema construtivo onde as instalações sejam desenvolvidas sem a necessidade de quebra, a redução de resíduos geraria, por consequência, uma diminuição dos impactos ambientais. Além disso, deve ser realizado um manejo mais adequado dos resíduos, estimulando em grande parte a reutilização ou retroalimentação do sistema com o RCC (ROTH; GARCIAS (2011).

É necessário um manejo adequado que recicle e reutilize o máximo possível dos resíduos. Havendo menor necessidade por novos materiais, menos extração de recursos ocorrerá, e menor será o impacto ambiental.

2.1.2.2 Poluição

De acordo com a Lei 6.938 de 31.08.1981 sobre o Plano Nacional do Meio Ambiente, a poluição é definida como sendo:

[...] A degradação da qualidade ambiental, alteração adversa das características do meio ambiente, resultante de atividades que direta ou indiretamente: prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criem condições adversas às atividades econômicas e sociais; afetem desfavoravelmente a biota; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos. (BRASIL, 1981, p.1)

Roth e Garcias (2011) apontam que os impactos gerados pela construção ocorrem em momentos distintos: na extração e produção de um material; durante a execução da obra; por fim, na disposição irregular do RCC. Para este trabalho será visto o que pode ser gerado de poluição durante as etapas de construção e disposição dos resíduos.

Segundo Leite e Reis Neto (2014), o uso intensivo de recursos naturais pela construção civil tem levado a impactos significativos ao meio ambiente, como: poluição de solos, rios e florestas; desmatamento; extinção de espécies; grandes emissões de gases de efeito estufa, o que colabora para a alteração climática global.

Os impactos não são sentidos apenas pelo meio ambiente, mas a população em si sofre efeitos dessa poluição, sendo que para Mendes *et al.* (2004), as enchentes são cada vez mais comuns e frequentes, grande parte devido à remoção da cobertura vegetal, como também ao

descarte irregular de RCC. Em conjunto estes dois fatores diminuem a capacidade de infiltração da água, culminando nas enchentes. Outro problema gerado por isso é o assoreamento de rios que recebem os detritos carregados pela água, o que, como uma atividade cíclica, aumenta ainda mais as chances de novas enchentes.

Além da poluição das águas e solos, há também outros tipos: sonora, vibracional e do ar com material particulado (REZENDE, 2007).

Silva (2003) aponta que como poluição sonora são considerados os ruídos que estão acima dos limites estipulados pelos órgãos reguladores, que objetivam manter a saúde das pessoas.

As poluições sonora e vibracional na etapa de construção são muito expressivas, pois há inúmeros ruídos de maquinários, de pessoas trabalhando e devido aos métodos de se quebrar tijolos depois de assentados para a passagem de tubulações, tanto hidráulica quanto elétrica. Há uma grande produção de ruídos e, para os moradores próximos de canteiros de obras, muitas vezes o barulho pode causar desconforto.

A emissão de material particulado é outro fator que colabora para a perda de qualidade de vida dos moradores próximos de canteiros de obras, pois além de causar um impacto visual nas estruturas ao redor que ficam “cobertas” por poeira, a mesma ainda pode gerar problemas de saúde aos habitantes. Ao meio ambiente é verificado impactos aos ecossistemas, solos e rios (REZENDE, 2007).

Além dos tipos de poluição já citados, há também a poluição visual, que em cidades como São Paulo, onde há grande número de canteiros de obras, sua presença é facilmente percebida.

“Poluição visual é a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente afetam as condições estéticas do meio ambiente” (SILVA, 2003, p.171).

O aspecto visual, como citado por Silva (2003), é qualquer alteração estética do meio ambiente e, devido ao descarte irregular de RCC e dos canteiros de obras, gera-se poluição visual.

2.1.2.3 Consumo de Água

Além do consumo de materiais que geram uma grande quantidade de resíduos, como citado por Roth e Garcias (2011), há também o consumo exacerbado de água nos canteiros de obras.

Por se tratar de uma indústria que consome grandes quantidades de recursos e com inúmeros impactos ambientais, o seu papel em busca de um desenvolvimento mais consciente é muito importante e necessário. Rocheta e Farinha (2007) apontam que a construção civil é de suma importância para o desenvolvimento sustentável, pois representa uma atividade com grande relevância para a gestão do meio ambiente, principalmente nos consumos de água e na produção de materiais.

A constante necessidade por novos materiais gera gastos de energia e de água para sua produção, o que não aconteceria se houvesse mais reciclagem, retroalimentação e menos desperdício de recursos.

Algo que deve ser levado em conta é a cadeia que existe para a produção de cada produto. Scalone (2013) afirma que desde a matéria prima, a produção e a entrega para o cliente final há consumo de recursos por parte de qualquer indústria, sendo assim, quando há desperdício nas obras, toda essa cadeia gerada foi usada de modo ineficiente, além da perda financeira, existe a questão mais importante, o impacto da poluição e a geração de resíduos.

Waterwise² (2017 apud MARQUES; GOMES; BRANDLI, 2017) ainda apontam que o consumo de água na construção civil pode ser dividido em dois tipos: direto, para a produção de cimento, por exemplo, e indiretamente por meio da água incorporada nos produtos.

A água é um item que deveria fazer parte das planilhas de custo, uma vez que sua participação na produção de materiais e serviços é significativa.

Ao fim, percebe-se como a água é fundamental e como seu consumo na construção civil é significativo. De acordo com Casado (2010), a construção civil consome cerca de 21% da água tratada no planeta. Logo, o seu manejo adequado mostra-se imprescindível para a preservação desse recurso e para se trazer mais sustentabilidade para este setor.

2.1.3 Agravantes do Cenário Brasileiro

2.1.3.1 Qualificação da Mão de Obra

De acordo com o portal G1 (2018), a construção civil é responsável por aproximadamente 12,5 milhões de empregos, com potencial de muito mais. Percebe-se que

² WATERWISE. International Water Association Efficient. 2017. Disponível em: <https://waterwise.org.uk/>. apud 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, dez. 2017.

este setor abriga uma quantidade significativa da mão de obra. É por isso, que muitas vezes há incentivos do governo para a construção com o intuito de diminuir o desemprego.

Todavia, apenas incentivos econômicos para a criação de empregos não é o suficiente para o setor, porque grande parte dessa mão de obra é desqualificada. O impacto direto desta falta de qualificação é percebido na produtividade do setor que, quando comparado a outros setores econômicos, apresenta um crescimento de produtividade muito pequeno (ZANOELLO, 2018).

Para Honório (2002), um número considerável de trabalhadores da construção civil é oriundo de meios rurais ou locais com baixo desenvolvimento social, o que implica que esses têm baixa escolaridade e, assim, a escolha da construção civil como profissão se dá por ser a única opção, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Escolha profissional



Fonte: Leão (2016).

De acordo com a Sondagem Especial – falta de trabalhador qualificado, desenvolvida pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) e Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) (2013), entre as pequenas empresas, 64% têm dificuldades para encontrar mão de obra capacitada. Entre as empresas médias, o percentual é 77%, e nas grandes sobe para 81%. A pesquisa ainda verificou a falta de profissionais por área, sendo que a maior carência está no grupo de funcionários básicos ligados à obra, como pedreiros e serventes (94%), seguido de funcionários técnicos (92%). Em terceiro lugar, o grupo com maior deficiência é o de funcionários especializados (77%), a área administrativa segue em quarta posição (70%), a gerencial (69%), vendas/marketing (52%) e por último a de pesquisa e desenvolvimento (45%).

Ainda de acordo com essa mesma pesquisa, 61% das empresas participantes do estudo apontaram que o desperdício ou a busca por eficiência são os maiores afetados devido à falta de qualificação da mão de obra.

Para Zanoello (2018), as causas do complexo problema de baixa qualificação são diversas e vão desde a estrutura da educação básica até a ciclicidade do setor da construção, o qual demonstra ser incapaz de reter trabalhadores em períodos de crise, como ocorreu na mais recente recessão. Além disso, tem a questão de que muitos trabalhadores são contratados para fazerem apenas projetos específicos. Honório (2002) reforça o caráter sazonal, com baixas possibilidades de promoções profissionais, o que gera um desinteresse e falta de motivação para o trabalhador.

Este desinteresse fica claro como na pesquisa realizada por Leão (2016), na qual foi identificado que aproximadamente 75% dos entrevistados nunca frequentou cursos de formação técnica, e apenas 4% aprendeu o ofício dessa forma. A grande maioria (80%) adquiriu os conhecimentos necessários para trabalhar observando o trabalho de outras pessoas e 16% aprendeu com os pais.

Leão (2016) ainda apresenta que apenas 31,4% das empresas incentivam seus funcionários a buscar qualificação. Isso mostra que por mais que as empresas procurem por pessoas mais qualificadas, ainda persiste um desinteresse em tornar o funcionário próprio mais preparado. O autor cita que as razões podem estar presentes no fluxo e na troca muito grande de trabalhadores, porém não apenas isso, mas também no custo que implicaria para as construtoras.

Este cenário de trabalhadores desmotivados, empresas que não apoiam a qualificação dos operários, e falta de uma educação básica de qualidade faz com que o setor da construção civil persista com baixa eficiência, alto grau de desperdício e grandes impactos ambientais. Esses são apenas alguns exemplos de como uma indústria, onde a mão de obra é despreparada, carece de avanços e inovação.

2.1.3.2 Setor Público

Além dos fatores de falta de modernização da construção civil, mão de obra desqualificada, outro ponto que tem grande importância tanto na origem como também na solução dos problemas de impacto ambiental, é o poder público. Este, por meio de leis,

campanhas e penalidades tem o caráter disciplinador e regulador, não apenas no setor que é foco deste trabalho como em todos os setores da economia.

Adiante será abordado o cenário do poder público com relação às leis, ações punitivas, disposição irregular e campanhas.

Carita (2019), em seu estudo sobre a gestão de resíduos da construção civil no município de Rio Claro, aponta o papel do poder público. Apesar de ser um exemplo de apenas uma cidade, pode-se generalizar as seguintes conclusões para o restante do Brasil, principalmente em regiões onde o setor público é omissor em suas atribuições com relação aos resíduos.

O poder público municipal não realiza nenhum tipo de controle da geração e destinação dos RCC, isto faz com que os transportadores de pequenos e grandes volumes acabem descartando em locais irregulares. A partir desta análise concluiu-se que o principal ponto fraco do sistema atual é a falta de controle da prefeitura em relação aos atores e a destinação dos RCC (CARITA, 2019, p.5).

O Brasil se encontra atrás em relação a outros países quando o assunto é manejo do RCC. Desde os anos 80, como a Europa apresentava uma falta de áreas para a disposição de RCC, a reciclagem e a diminuição ao máximo possível da produção dos resíduos se tornaram o foco do setor público, que instaurou diversas políticas e ações (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

“A maioria das ferramentas usadas nas políticas para minimização dos RCC podem ser implantadas em vários estágios do processo de construção, projeto, demolição e manejo dos resíduos” (SCHNEIDER, 2003, p.17).

Schneider (2003) aponta que alguns países relataram a introdução de instrumentos regulatórios ou econômico, como por exemplo multas e incentivos. Com essas medidas que afetam o fator econômico dos envolvidos, foi percebido uma melhora no comportamento das pessoas com relação ao meio ambiente e, com isso, até mesmo ações de controle por parte da polícia foram reduzidas. Entretanto, no Brasil não se percebe ações concretas de fiscalização e punição em nível nacional com objetivo de acabar com o descarte de RCC irregular, menos ainda quando o objetivo é incentivar as boas práticas.

Outro ponto importante e que é papel do setor público é o de providenciar áreas para a destinação adequada de RCC, além de Postos de Entrega Voluntária (PEV) para facilitar a deposição por meio dos cidadãos. Uma vez não havendo tais ferramentas e ações, a disposição irregular é a consequência, conforme a Figura 2.

Figura 2 – Disposição irregular de RCC



Fonte: Produção do próprio autor (2019).

A disposição de RCC como outros resíduos, muitas vezes é destinada a lixões, principalmente, como já citado, devido à falta de destinações adequadas.

“O lixão é uma mera disposição do lixo a céu aberto, sem nenhum critério sanitário de proteção ao ambiente, que possibilita o pleno acesso de vetores de doenças como moscas, mosquitos, baratas e ratos ao lixo” (FADINI; FADINI, 2001, p.10).

A data, inicialmente, prevista para o encerramento de lixões no Brasil, de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, era 2 de agosto de 2014. A partir deste dia, os rejeitos deveriam ter uma disposição final ambientalmente adequada, mas em julho de 2015 o prazo foi prorrogado e as novas datas estabelecidas estão no período compreendido entre julho de 2018 e julho de 2021, de acordo com as dimensões e a população do município (IPT, 2016, P.1).

Como se pode ver, o governo está tomando medidas para acabar com a disposição irregular de resíduo sólido, porém, a passos lentos. O que se percebe é que estão prorrogando as datas limites e não haverá um fim tão próximo das disposições irregulares.

2.1.3.3 Planejamento

O conceito de planejamento consiste no ato de criar e planejar, antecipadamente, uma ação, desenvolvendo assim, estratégias programadas para atingir determinado objetivo. Funciona como uma forma de identificar um alvo específico, com a intenção de organizar e aplicar as melhores maneiras para atingi-lo (MARQUES, 2017, p.1).

De acordo com Roth e Garcias (2011), um problema recorrente na construção civil é a falta de projetos e estudos dos mesmos, o que implica na compra de materiais, muitas vezes

em excesso ou, até mesmo, incorretamente. Desta forma grande parte da causa de desperdício se encontra no administrativo da obra.

Por tais fatores, fica evidente como o planejamento, a priori, determinando o projeto mais adequado, o melhor sistema construtivo, levantando os quantitativos corretamente, ou seja, estudando o projeto, é fundamental (ROTH; GARCIAS, 2011). Porém, no que se refere a planejamento, o mercado brasileiro apresenta uma grande falta, principalmente, na fase de “pré-obra” e também pouco controle durante a execução.

O planejamento garante que a obra utilizará a quantidade adequada de recursos, implicando em menos desperdícios e menor geração de impacto ambiental devido aos depósitos irregulares (GOMES; MAGALHÃES, 2018).

Além dos resíduos, o consumo de água também pode ser reduzido com melhor planejamento. Marques; Gomes e Brandli (2017) apontam, em seus estudos, que nas obras pesquisadas e que haviam uma maior gestão e controle dos processos, o desperdício de água e energia eram inferiores àquelas que a gestão não tinha a mesma atenção.

Honório (2002) afirma que os trabalhadores das obras identificam a falta de planejamento como causa principal de retrabalhos e problemas que levem à interrupção da construção, como mostrado no Quadro 1:

Quadro 1 – Principais causas de desperdícios, retrabalhos e interrupções

Principais causas de desperdícios, retrabalhos e interrupções em obras	%
1. Falta de planejamento	28
2. Desqualificação da mão de obra	27
3. Erros de projetos	22
4. Falta de orientação técnica	16
5. Falha em equipamentos	7

Fonte: Honório (2002).

Como se pode concluir, o planejamento é fundamental para melhorar a competitividade do setor, diminuir custos e gerar menos impactos ambientais.

2.2. PROPOSIÇÕES SUSTENTÁVEIS PARA O EXERCÍCIO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Com base em análise realizada no item 3.1, a partir desta etapa, serão apresentados estudos que buscam reduzir a geração dos impactos ambientais e o uso excessivo de recursos.

2.2.1 Materiais

Com a constante mudança de paradigmas a respeito do meio ambiente, ações que busquem sua proteção e preservação, aliando-se a isso um desenvolvimento econômico saudável, tem feito com que novos materiais, mais sustentáveis, gerem maior interesse do setor construtivo (PORTO, 2016).

Tais materiais vão de encontro com os seguintes parâmetros:

[...] materiais que menos agredam o meio ambiente, de origem certificada e com baixas emissões de CO₂; com menor geração de resíduos durante a fase de obra; que contribuam para o desempenho das edificações; que suprimam menores áreas de vegetação; que necessitem do menor volume possível de energia e água, tanto na fase de construção como na de uso; e, ainda, que possam ser reaproveitadas ao fim de seu ciclo de vida (OLIVEIRA, 2015, p.1).

Por mais que esses materiais sejam sustentáveis, a geração de impacto ambiental é impossível de se anular, pois a simples retirada de um recurso da natureza gera impactos. Porém, a utilização de um material que seja mais “verde” é fundamental e vai de acordo com os parâmetros de Oliveira (2015). A seguir serão apresentadas algumas proposições de materiais mais sustentáveis, já existentes, e que se enquadram nesta busca por menor agressão ao meio ambiente pelas atividades presentes na construção civil.

2.2.1.1 Cimento CPIII e CPIV

O concreto, como já citado, é um dos recursos de maior uso no planeta, sendo assim, seu principal componente, o cimento, é produzido em larga escala. Este material gera quantidades significativas de CO₂. Dentre os tipos de cimentos disponíveis no mercado, os mais adequados são aqueles com adições, os quais apresentam quantidade menor de clínquer em sua composição pela substituição por outros elementos, o que significa uma redução de CO₂. Assim, a utilização do CPIII e CPIV se mostram mais viáveis, quando comparados aos outros tipos, por apresentarem características mais sustentáveis (PORTO, 2016).

Segundo Guerreiro (2014), os cimentos possuem diferentes porcentagens de clínquer em suas composições, isso resultaria em cimentos mais ou menos impactantes.

De acordo com a NBR 11.172/1990 da ABNT, que trata dos aglomerantes de origem mineral:

[...]Clínquer constituído, em sua maior parte, por silicatos e aluminatos de cálcio hidráulicos, obtido por queima, até fusão parcial, de uma mistura homogênea e convenientemente proporcionada, constituída basicamente de calcário e argila (ABNT, 11.172/1990, p.2).

O fator que torna o clínquer poluente é que durante a etapa dos fornos rotativos ocorre a reação química de calcinação do calcário, o que se dá em torno de 1400°C. Tal processo é a mudança da rocha calcária (CaCO_3) em cal virgem (CaO), liberando imensas quantidades do gás CO_2 , o que colabora ainda mais para o aquecimento global (PACHECO, 2017). Logo, um cimento que possui mais clínquer em sua composição gerará mais CO_2 para ser produzido (Quadro 2).

Desta forma, os cimentos CPIII e CPIV apresentam menores produções de gases de efeito estufa quando comparados aos outros cimentos.

2.2.1.2 Concreto Ecológico

Os concretos ecológicos são o resultado do acréscimo de um componente que, por algum motivo, colabore com a sustentabilidade, podendo ser na diminuição do uso de algum dos componentes como brita, água ou até mesmo energia. O concreto ecológico que utiliza os resíduos da construção e demolição é um exemplo, pois, como citado por Porto (2016), é possível obter um concreto que atenda às qualidades necessárias, ainda que seja sustentável.

Ao substituir a brita por outros materiais, há uma redução da extração de novos recursos, sendo desta forma muito mais sustentável. Além disso, o rejeito que seria apenas descartado, podendo até terminar como um descarte irregular, agora é reaproveitado no próprio concreto.

Quadro 2 – Composição dos cimentos Portland

Designação normalizada		Sigla	Classe de resistência	Sufixo	Clínquer + sulfatos de cálcio	Escória granulada de alto-forno	Material pozolânico	Material carbonático
Cimento Portland comum		CP I	25, 32 ou 40	RS ou BC	95 – 100	0 – 5		
		CP I-S			90 – 94	0	0	6 – 10
Cimento Portland composto com escória granulada de alto-forno		CP I-E			51 – 94	6 – 34	0	0 – 15
Cimento Portland composto com material pozolânico		CP I-Z			71 – 94	0	6 – 14	0 – 15
Cimento Portland composto com material carbonático		CP II-F			75 – 89	0	0	11 – 25
Cimento Portland de alto-forno		CP II			25 – 65	35 – 75	0	0 – 10
Cimento Portland pozolânico		CP IV			45 – 85	0	15 – 50	0 – 10
Cimento Portland de alta resistência inicial		CP V-a			ARI	90 – 100	0	0
Cimento Portland branco	Estrutural	CPB	25, 32 ou 40		75 – 100	–	–	0 – 25
	Não estrutural		–	–	50 – 74	–	–	26 – 50

^a No caso de cimento Portland de alta resistência inicial resistente a sulfatos (CP V-ARI RS), podem ser adicionadas escórias granuladas de alto-forno ou materiais pozzolânicos.

Fonte: NBR 16697 (2018).

No estudo de Barbosa, Santos e Ferreira (2011) foi verificado como o tipo de material utilizado como agregado pode impactar em algumas características do concreto. Dentre os materiais utilizados, encontram-se: agregados naturais (areia de rio e brita) e artificiais (areia de resíduos de mármore e RCC).

Os autores verificaram propriedades mecânicas, como: resistência à compressão, resistência à tração por compressão diametral, módulo de elasticidade e velocidade de propagação de pulso ultrassônico (BARBOSA, SANTOS; FERREIRA, 2011).

A partir do estudo ficou claro que houve um ganho de propriedades mecânicas com os agregados artificiais. Isso ocorre pelo fato de o agregado utilizado no estudo ter mármore como componente e o mesmo ter grande resistência mecânica. Porém, o concreto apresentou uma redução do módulo de elasticidade, o que poderia implicar na formação de microfissuras entre o agregado e a pasta. A razão para a redução do módulo de elasticidade ocorre devido à heterogeneidade dos agregados. Deste modo seria necessário verificar a melhor forma de aplicação para um concreto como o realizado no estudo (BARBOSA, SANTOS; FERREIRA, 2011).

O ponto mais importante é que o estudo demonstrou a possibilidade de se reduzir os resíduos por meio da retroalimentação, que além disso colabora também para diminuir a produção de novos recursos de origem natural. Barbosa, Santos e Ferreira (2011) concluíram, dentro desse contexto, que a produção de concreto ecológico é uma saída para a problemática dos resíduos e uma maior segurança para o meio ambiente.

Como o concreto ecológico é assim denominado pela utilização de outros componentes que o tornam menos impactante, além da utilização de RCC também é possível utilizar fibras vegetais em sua fabricação. Torgal e Jalali (2010) apontam que a utilização de fibras vegetais na fabricação de concreto, em substituição às fibras minerais de amianto ou até mesmo de fibras sintéticas, pode contribuir para uma maior sustentabilidade da indústria da construção.

Como exemplos de fibras vegetais que estão sendo estudadas para aplicação em concretos, tem-se: fibras de cânhamo, fibra de coco, fibras de sisal, casca de arroz, cana-de-açúcar e bambu. Porém, de acordo com Torgal e Jalali (2010), há poucas referências bibliográficas que estudam a aplicação de fibras e seriam necessários mais estudos para verificar sua aplicabilidade. Além disso, foi detectada uma baixa resistência a meios alcalinos, o que levaria a sua degradação mais acelerada.

Em outro estudo, Oliveira, Gouveia e Teixeira (2014) verificaram a influência da aplicação de 2% e 5% em volume de fibras no concreto. As fibras utilizadas para o estudo foram bambu e cana-de-açúcar. Após a cura dos corpos de prova, os mesmos passaram por ensaios, como: resistência à compressão, resistência à tração por compressão diametral, resistência à tração na flexão e módulo de elasticidade estático.

Ao fim do estudo, verificou-se que o melhor resultado para compressão axial e tração por compressão diametral foi com 2% de bambu, e os aumentos de resistência em relação ao corpo-de-prova padrão foram de 41% e 24%, respectivamente. Para a tração por flexão foi com 5% de cana-de-açúcar onde houve um aumento de 247% da resistência em relação ao concreto sem adição de fibra. No caso do módulo de elasticidade não houve variação significativa com ambas as fibras nas diferentes porcentagens (OLIVEIRA; GOUVEIA; TEIXEIRA, 2014).

Como se pode verificar a partir dos resultados da pesquisa, a aplicação de fibras mostrou-se vantajosa e trouxe ganhos de resistência para o concreto. Desta forma, fica claro como o concreto ecológico pode apresentar benefícios tanto para o meio ambiente quanto para a construção civil.

2.2.1.3 Tijolo Ecológico

Tijolo ecológico ou de solo-cimento – é feito de uma mistura de solo e cimento, que depois são prensados; seu processo de fabricação não exige queima em forno à lenha, o que evita desmatamentos e não polui o ar, pois não lança resíduos tóxicos no meio ambiente. Para o assentamento, no lugar de argamassa comum é utilizada uma cola especial vendida pelos fabricantes do tijolo (SALA, 2006, p. 39).

Como se pode ver pela descrição apresentada pelo autor, o bloco apresenta o benefício de não precisar passar pela etapa de queima, logo gases de efeito estufa deixam de ser liberados para a atmosfera, o que contribui para a redução do aquecimento global.

O tijolo ecológico possui um sistema de encaixe por travamento, diminuindo a necessidade por argamassa, consequentemente, de cimento. O bloco ainda apresenta uma parede muito mais lisa quando comparada ao bloco de concreto tradicional, o que colabora para diminuir as proporções de reboco, podendo até mesmo não executá-lo (MOTTA *et al.*, 2014). Segue Figura 3 que exemplifica o bloco ecológico.

Figura 3 – Bloco Ecológico



Fonte: Machado; Araujo (2014).

Motta *et al.* (2014) apontam outras vantagens além das citadas, como o comportamento térmico e a resistência do bloco de solo-cimento ser semelhante aos utilizados tradicionalmente, como o bloco cerâmico. Para não haver a ocorrência de patologias é fundamental garantir uma dosagem adequada, a fim de se assegurar a resistência e qualidades requeridas.

Um ponto citado pelo autor e que merece atenção é o fato que, por utilizar solo, um recurso natural, o seu uso também deve ser feito de uma forma consciente que respeite o meio ambiente, uma vez que se for iniciada a utilização exacerbada do solo, novos impactos serão gerados, o que não é o foco deste estudo.

2.2.1.4 Bloco com material reciclado

De acordo com um estudo realizado por Abreu *et al.* (2009), foi possível gerar um bloco de concreto composto por materiais não tradicionais, inclusive o gesso que tem pouca disponibilidade para reciclagem. A pesquisa foi realizada a partir de sobras de outros materiais como: tijolos, argamassas e gesso.

O produto final apresentou qualidades e aparências de um bloco encontrado no mercado, como se pode verificar pela Figura 4.

Figura 4 – Bloco de concreto reciclado



Fonte: Abreu *et. al* (2009).

Seguem no Quadro 3, proporções utilizadas pelos autores:

Quadro 3 – Base das proporções utilizadas para a confecção do bloco

Materiais Utilizados	Percentual
Cimento CII	10%
Agregados	60%
Gesso	30%
Água	Suficiente para a pesquisa

Fonte: Adaptado de Abreu et al. (2009).

O estudo demonstrou a possibilidade de se utilizar outros materiais na construção civil, podendo se atingir um produto de qualidade, respeitando as normas (ABREU *et al.*, 2009). Porém, os autores citam que um bloco seguindo tais proporções e métodos de realização devem ser utilizados apenas para vedação, pois para fins estruturais, mais pesquisas e testes são necessários.

Na pesquisa realizada por Costa (2017), o bloco para vedação, também composto por material reciclado, foi verificado à resistência à compressão axial, absorção de água e qualidades estéticas do bloco em comparação ao bloco tradicional – sem compostos reciclados.

Costa (2017) apontou que os blocos demonstraram as qualidades, dimensões e absorção de água semelhantes ao bloco tradicional. No quesito resistência, obteve mais do que o mínimo necessário estipulado por norma.

Desta forma, pode se constatar que o bloco ecológico atende aos quesitos técnicos para vedação e, além disso, pode fazer parte de um sistema de manejo dos resíduos, pois havendo uma coleta regular do RCC é possível tornar os blocos, compostos de material reciclado, um produto comercializável em grandes escalas (COSTA, 2017).

2.2.2 Sistemas Construtivos

Nesta etapa serão apresentados sistemas construtivos que reduzem o impacto ambiental quando comparados ao sistema tradicional de construção – alvenaria com blocos para vedação e com vigas e colunas para o quesito estrutural.

Realizou-se o levantamento dos processos construtivos industrializados disponíveis no mercado. O principal objetivo é reduzir a produção de resíduos, e em segundo plano o uso de concreto, além disso, trazer maior industrialização ao canteiro de obra. É por esse motivo que ainda estarão presentes técnicas que utilizam concreto em larga escala, porém que reduzem consideravelmente a produção de resíduos, afinal de contas, não são todas as obras que permitem a não utilização deste insumo.

2.2.2.1 Parede de Concreto Moldada *in Loco*

Parede de Concreto é um método construtivo no qual as paredes e a laje são concretadas ao mesmo tempo, por meio de formas que definem todas as dimensões da estrutura. Por meio desse sistema é possível construir uma unidade habitacional completa em pouco tempo (LORENCETO, 2018). Segue a Figura 5 que contextualiza a aparência desse sistema.

Figura 5 – Formas para parede de concreto moldada *in loco*



Fonte: Petronilho (2018).

Arêas (2013) cita como esse sistema construtivo pode ser benéfico para as construtoras, que podem diminuir custos, apresentar grande desempenho técnico e reduzir o tempo das obras.

O processo executivo de parede de concreto é resumido, basicamente, na montagem de formas metálicas, plásticas ou mistas e o preenchimento de concreto. Entre as formas de paredes são posicionados os itens de instalações prediais elétricas e de gás. Estas instalações são amarradas nas ferragens das paredes que são anteriormente posicionadas. As instalações prediais hidráulicas são, geralmente, executadas por fora das paredes, assim se houver algum tipo de vazamento na tubulação não há necessidade de rompimento do concreto para execução dos devidos reparos (ARÊAS, 2013, p.10).

O principal ponto que faz com que esse sistema não seja tão utilizado pelas construtoras é fato de que suas formas apresentam um valor consideravelmente alto, o que exige um capital inicial maior para utilização desse método construtivo. Porém, a forma pode ser reutilizada inúmeras vezes, tornando menor o custo do produto (ARÊAS, 2013).

Um aspecto fundamental que traz maior referência para esse sistema é o fato que o mesmo possui norma própria, NBR 16.055/2012, garantindo-se assim uma padronização e maior qualidade para os empreendimentos.

Esse sistema apresenta grandes vantagens, como por exemplo: menor prazo e quantidade de mão de obra, pouca geração de RCC, reutilização das formas, padronização da qualidade. Porém, por ser um sistema mais complexo, exige uma mão de obra mais preparada para seu manuseio e, como já citado, um investimento inicial considerável (SAMPAIO, 2012).

Como o sistema exige maior qualificação dos trabalhadores, grande parte dos erros que apresenta são oriundos da falta de perícia e experiência daqueles que o executam. Como

exemplo, há questões de retrabalho devido aos erros durante a vibração do concreto ou instalação das armaduras. É durante a concretagem que grandes perdas podem ocorrer, como o entupimento das instalações já realizadas (PORTO, 2016).

Apesar dos referidos pontos negativos citados por Sampaio (2012) e Porto (2016), este sistema construtivo apresenta grandes vantagens. Tanto que a MRV, uma das maiores construtoras brasileiras, tem mudado para esse sistema construtivo que hoje já representa 70% de todas suas obras (IBRACON, 2018).

A principal vantagem, que foi pouco abordada, é a baixa geração de resíduos, uma vez que a obra exige um planejamento adequado, evitando-se assim desperdícios de materiais pela simples falta de gestão. Além disso, a própria metodologia de construção por esse sistema não favorece a produção de resíduos, uma vez que não é necessário a realização de “quebras” e são poucos os retrabalhos necessários, sendo até mesmo simples de se evita-los.

2.2.2.2 Construção Modular

[...] uma metodologia, que visa criar uma dimensão padrão, que racionalize a concepção e a construção de edifícios, o que permite elevar o grau de industrialização da construção, mantendo, no entanto, a liberdade de concepção arquitetônica dentro de valores aceitáveis (CASTELO, 2008, p.149-150)

De acordo com essa definição, sistemas construtivos como o *Steel Frame*, Alvenaria Estrutural e pré-fabricados de concreto também podem ser inseridos nessa classificação.

A Alvenaria Estrutural exige maior planejamento. Sua metodologia construtiva segue uma racionalização e uma modularização que, caso não bem realizados, podem colocar em perigo a construção e seus ocupantes, sendo assim um sistema modular. Para Patinha (2011), construção modular é um sistema no qual módulos pré-fabricados são ligados e apenas instalados na obra, o que traz a eficiência e produtividade de uma indústria para a execução.

Para melhor diferenciá-los, nesta etapa serão apresentados apenas os módulos construtivos que chegam à obra prontos, sendo necessários apenas pequenos encaixes e ajustes de instalações, como, por exemplo, Casas *Containers* e Casas Pré-fabricadas. Posteriormente, serão abordados separadamente cada sistema construtivo, inclusive aqueles que seguem uma modularização diferenciada como a Alvenaria Estrutural, por exemplo.

Devido à necessidade de aplicação de novos materiais em diversas áreas que não impactem o meio ambiente e diminuam as emissões de gases de efeito estufa, percebe-se que

o setor da construção civil já procura por tais materiais com o intuito de diminuir os impactos quando comparados com aqueles utilizados na construção de alvenaria convencional.

De acordo com Figueiredo (2012), os contêineres são utilizados pelas empresas de transporte marítimo em larga escala, porém quando envelhecem, é mais barato para as empresas substituí-los por novos do que reformá-los, dessa forma, uma grande quantidade de material fica sem uma destinação adequada. A partir do cenário retratado, o autor sugere como oportunidade de solucionar outros problemas em conjunto, a utilização dos contêineres para construção de moradias sustentáveis.

Com a utilização de contêineres é possível diminuir a capacidade das fundações, uma vez que se trata de uma estrutura leve e de grande resistência. Com isso haverá uma redução dos custos com a fundação e menor geração de poluição, uma vez que serão utilizados menos materiais, principalmente concreto (FIGUEIREDO, 2012). Segue a Figura 6 com exemplo de um projeto utilizando contêineres.

Figura 6 – Contêiner reciclado



Fonte: Lacerda (2016).

Apesar de ser um produto passível de ser utilizado na construção civil e apresentar vantagens, há um ponto negativo com relação aos contêineres. Como a construção civil é um mercado gigantesco, os materiais precisam ter uma grande produção, porém a reciclagem destes elementos não atenderia a demanda imobiliária. Não apenas isso, mas devido ao aumento do interesse de arquitetos por esse produto, pode ser que o mesmo termine por ser utilizado apenas com uma finalidade arquitetônica e tenha seus preços inflacionados, o que retiraria do mesmo a questão ecológica (FIGUEIREDO, 2012).

Além do aumento de desempenho, é possível tornar a construção mais sustentável com esse método construtivo, que possibilita uma redução em cerca de 30% no desperdício de

materiais e menor produção de ruídos, colaborando, desta forma, contra a poluição visual e sonora (TERRA, 2017).

Como prova de que o mercado tem optado por esse método, cada vez mais grandes construções estão sendo feitas por meio da construção modular. De acordo o portal de notícias O Globo (2019), uma rede hoteleira fará o maior prédio modular do mundo, e os seus 168 quartos serão feitos em uma fábrica em outro continente, o que mostra a versatilidade deste método.

Porém, esse crescimento de interesse pela construção modular não é apenas internacional, já existem iniciativas brasileiras. É o caso de um projeto realizado pela Cervejaria AMBEV em conjunto com a empresa Brasil ao Cubo, no qual a obra será totalmente industrializada. Por meio deste sistema escolhido, a construção será quatro vezes mais rápida que uma obra com alvenaria convencional (DIAS, 2019). Segue Figura 7 que apresenta o interior da fábrica que produz os módulos.

Figura 7 – Fabricação de módulos em fábrica



Fonte: Dias (2019).

Nota-se, assim, que a modularização está ganhando cada vez mais mercado no Brasil com a sua metodologia de colocar um módulo sobre o outro, quase como o brinquedo “lego”, Figura 8, trazendo a construção para as fábricas e, com isso, melhorando a eficiência e a racionalização no setor construtivo.

Figura 8- Montagem em obra.



Fonte: Globaltec (2019).

Essa metodologia permite maior eficiência, sustentabilidade e economia financeira. A construção dos módulos pré-fabricados pode ser feita em outro continente, o que mostra que a globalização chegou, até mesmo, na construção de prédios (OGLOBO, 2019).

2.2.2.3 Estrutura e vedação em Pré-fabricados de Concreto

O sistema de pré-fabricadas de concreto consiste de estruturas que possuem todas as etapas de concretagem e cura dentro de uma fábrica, em seguida, os materiais são transportados e montados na obra (MORAES; LIMA, 2009). Esta etapa de industrialização permite que a construção seja feita mais rapidamente, e permite aos planejadores decidirem por novos caminhos de atividades, que podem ou não reduzir os custos.

Como citado por Silva, Vicioli JR e Carneiro Neto (2016), todos os vãos que serão aplicados à estrutura já são pensados antes de sua concretagem e por meio de formas plásticas, metálicas ou de madeira fornecem o formato pedido. Desta forma, há uma flexibilização do sistema construtivo, que permite diferentes formatos e estilos arquitetônicos.

Por ser uma produção industrializada, o sistema permite aplicar técnicas de produção em larga escala, reduzindo custos, perdas de material e gerando um aumento de eficiência. Isso ocorre, pois, sendo produzido em uma fábrica, permite-se realizar inúmeros elementos com a máxima produtividade, o que não ocorre no canteiro de obra, que produz unidades limitadas e está passível de maiores intempéries que não ocorreriam dentro de uma fábrica (MORAES; LIMA, 2009).

Vale ressaltar que a norma voltada para este sistema é a NBR 9.062:2017 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado.

Como se pode ver, a industrialização é o caminho para o desenvolvimento sustentável da construção civil e o grande diferencial dos Pré-Fabricados é a produção baixíssima de RCC,

o que pode diminuir consideravelmente os impactos gerados (MORAES; LIMA, 2009). Além disso, outro aspecto positivo é sua execução em fábricas, o que traz racionalização e melhor planejamento na produção, colaborando para aperfeiçoar a construção civil e também na preservação ambiental. Segue a Figura 9 que ilustra uma obra utilizando o sistema de Pré-Fabricados.

Figura 9 – Estruturas Pré-fabricadas



Fonte: LM Pré-moldados (2019), modificado pelo autor (2019).

2.2.2.4 Alvenaria Estrutural

“Trata-se de um sistema complexo que agrega cálculos específicos, blocos industrializados com grande resistência e precisão geométrica, modularidade, racionalização e planejamento” (IBRACON, 2018, p.26).

Como se pode ver, a alvenaria estrutural depende de blocos especiais que apresentam uma modularização, considerado o diferencial desse sistema. Devido à necessidade de sistemas racionalizados que possibilitem maior eficiência e corte de custos para as empresas, muitas construtoras têm encontrado na alvenaria estrutural a resposta para o aumento da produtividade (MOHAMED, 2015).

Percebe-se que o sistema construtivo de alvenaria estrutural aplica a racionalização, a modularização e o planejamento, o que termina por acarretar, como apontado por Linck *et al.* (2011), na redução do desperdício e geração de RCC, na otimização de processos e diminuição do tempo das obras.

No quesito econômico este sistema apresenta grandes vantagens, uma vez que possui processos simples de controlar e corrigir, além disso não há necessidade de quebras para a passagem de instalações, o que reduz os custos da obra (MOHAMED, 2015).

[...] essa redução de custo pode chegar a 30% quando comparada com os métodos construtivos atuais, uma vez que não há o uso de madeira para formas de vigas nem pilares, racionalizando assim custo com material e mão de obra dos carpinteiros, o baixo volume de concreto e ferragem, também é um dos aliados da alvenaria estrutural reduzindo bastante o custo da obra. Além disso, há uma diminuição do uso de argamassas nos revestimentos, assim colaborando na racionalização dos materiais e da própria construção civil (BALDISSARELLI *et al.*, 2016, p.7)

A redução de resíduos durante a obra é muito significativa, podendo ser considerada como uma das maiores vantagens deste sistema. Isso se deve à baixa necessidade de retrabalho, por não ser preciso realizar as quebras de paredes, aplicando se assim a racionalização, o que colabora para a questão econômico e ambiental (BALDISSARELLI *et al.*, 2016). Segue a Figura 10 que demonstra a passagem de instalações sem a necessidade de quebra.

Figura 10 – Passagem de tubulações através da parede em alvenaria estrutural



Fonte: Pereira (2019).

Como ponto negativo, percebe-se que o fato de as paredes apresentarem função estrutural, faz com que o sistema não permita grandes reformas. Não se pode retirar as paredes, desta forma não há uma grande flexibilização após sua execução. Além de tudo, a alvenaria estrutural exige grande planejamento antes do início das obras, sendo necessário profissionais preparados e qualificados (BALDISSARELLI *et al.*, 2016). Entretanto, o fato de exigir grande planejamento colabora para a eficiência não apenas deste método, mas para toda a construção civil, pois traz previsibilidade e segurança para a obra.

2.2.2.5 Light Steel Frame

O *Light Steel Framing* é um sistema construtivo estruturado em perfis de aço galvanizado formado a frio, projetados para suportar às cargas da edificação e trabalhar em conjunto com outros sub-sistemas industrializados, de forma a garantir os requisitos de funcionamento da edificação (CAMPOS, 2012, p.1)

De acordo com Silva *et al.* (2014), o *Steel Framing*, Figura 11, se apresenta como um sistema construtivo inovador na indústria da construção civil brasileira, apesar de ser comum em outros países. O método traz grandes vantagens quando comparado à obra de alvenaria convencional, principalmente no quesito ambiental.

Figura 11 – Casa em *Light Steel Frame*



Fonte: Full Estruturas (2016).

De acordo com Campos (2012), este é um sistema construtivo extremamente flexível, pois permite a aplicação de uma grande gama de materiais e, ao contrário do que foi apresentado com a Alvenaria Estrutural, se forem necessárias reformas é possível fazê-las sem muitas dificuldades.

Outro ponto que chama a atenção para a qualidade desse sistema é o fato que aplica, com grande eficiência, a racionalização e o planejamento para redução da geração de resíduos, e grande parte de sua estrutura é reciclável (CAMPOS, 2012).

No quesito econômico, esse sistema ainda apresenta a vantagem de não precisar de grandes investimentos em fundações, uma vez que sua estrutura é consideravelmente mais leve que a alvenaria convencional, o que elimina custos com armadura e concreto (SILVA *et al.*, 2014).

Sua versatilidade possibilita também a utilização de inúmeros tipos de revestimento, desde placas cimentícias à acartonadas, entre outras (SILVA *et al.*, 2014).

Como já apresentado nesse trabalho, na questão ambiental, a construção convencional causa grandes impactos no meio ambiente tanto para produção das matérias-primas utilizadas nos materiais, quanto na geração excessiva de resíduos pouco reaproveitáveis ou recicláveis.

De acordo com Silva *et al.* (2014), o *Steel Framing*, quando comparado com o sistema convencional de alvenaria, produz menos RCC e grande parte do que produz são recicláveis e

reaproveitáveis, se mostrando como uma solução aos impactos por geração de resíduos da construção.

Em grandes centros urbanos, com altos índices de congestionamento e dificuldade de mobilidade, permite menor movimentação de carga, auxiliando na redução de emissão de CO₂. Além disso, o aço é um dos produtos mais reciclados do mundo, utiliza recursos renováveis recicláveis, contribuindo para a sustentabilidade do planeta (IBDA, 2012, p.1)

Como se pode notar, esse método possui inúmeras vantagens, além das já citadas ainda colabora na redução de prazos das obras; permite uma maior área útil, uma vez que as paredes podem ser mais finas; melhor gerenciamento do canteiro de obras (IBDA, 2012).

Por se tratar de um método que exige planejamento e controle, há necessidade de mão de obra altamente qualificada, pois um erro pode afetar a segurança da obra (SILVA *et al.*, 2014). O autor cita que o fato de haver um aumento do custo na mão de obra não desencorajaria a utilização do sistema, uma vez que o mesmo permite haver a recuperação com o ganho de prazo e produtividade.

O *Steel Frame* tem crescido no mercado brasileiro, principalmente devido a sua eficiência e ganhos ambientais. É por isso que se mostra como uma mudança inovadora que precisa ser aplicada no processo de construção civil, já que se trata de um sistema que permite desperdiçar e poluir menos, como também, economizar mais em recursos.

2.2.2.6 Impressão 3D na Construção Civil

O termo Impressão 3D – sinônimo do tecnicamente mais adequado Fabricação Aditiva (*Additive Manufacturing*, AM) – cobre na verdade uma diversa gama de processos e tecnologias, que oferecem a capacidade de produzir frações ou produtos completos desenhados em software CAD, a partir de diferentes materiais (LOPES, 2016, p.7).

Por se tratar de um sistema inovador e pouco aplicado na construção civil, a impressão 3D tem chamado a atenção por possibilitar a criação de novos materiais. Além disso, esse sistema que foi adaptado para imprimir casas, ainda possibilita ter melhores resultados no quesito ambiental quando comparado ao sistema de alvenaria convencional (TAPARELLO, 2016).

A impressão 3D se diferencia dos outros sistemas construtivos utilizados atualmente, principalmente por ser altamente automatizado e permitir que toda a construção tenha um

caráter mais detalhado aos projetos, o que pode minimizar erros de construção (FLORÊNCIO; SEGUNDO; QUINTELLA, 2016).

O procedimento para imprimir utilizando concreto é semelhante ao utilizado pelas impressoras que utilizam polímeros. Em ambos os casos, o modelo 3D é feito em um software de modelagem tridimensional e posteriormente transformado em camadas por outro software chamado “*slicer*”, que determinará a espessura e quantidade das camadas para todo o modelo. A informação do modelo fatiado é enviada então para o hardware da impressora 3D que irá interpretar o “G-code” gerado pelo *slicer* e proceder na construção das camadas sobre a superfície escolhida (FLORÊNCIO; SEGUNDO; QUINTELLA, 2016, p. 306).

Desta forma, o processo de impressão 3D segue um padrão, o mesmo utilizado com polímeros para gerar pequenos objetos, que agora pode ser feito com concreto, o que permite grandes construções, como se pode verificar pela Figura 12 (FLORÊNCIO; SEGUNDO; QUINTELLA, 2016).

Figura 12 – Impressora 3D de casas



Fonte: Lupino (2016).

Segundo Florêncio, Segundo e Quintella (2016), esse processo inovador também permite que construções sejam feitas com uma velocidade maior, o que implica no prazo total da obra. A construtora Chinesa WinSun evidenciou ser possível construir dez casas em menos de um dia, tal resultado implica que o processo é eficiente e pode ser utilizado em larga escala. É por isso que a impressão 3D se apresenta como uma boa escolha de forma de construção para moradias de baixo valor. Além disso, por utilizar apenas o material estipulado no projeto não há desperdício. Também, como é feito por robôs, os “erros humanos” não existem, o que aumenta ainda mais a eficiência e diminuiu os custos da obra.

No Brasil já é possível ver aplicações e empresas atuando neste setor, como é o caso da InovaHouse 3D e a Urban 3D. Com um foco mais sustentável, o objetivo de ambas as

empresas é produzir casas a um custo acessível por meio de materiais ecológicos (TAPARELLO, 2016).

De acordo com Taparello (2016), atualmente a sociedade está passando por uma escassez de matérias-primas não renováveis; falta de moradias; variações climáticas. Para trazer ainda mais sustentabilidade para este método de construção é possível alterar o cimento como elemento base e utilizar a terra, que emite baixas quantidades de gases e, por ser um material altamente reciclável, implicaria em uma redução significativa na produção de CO₂ e outros gases de efeito estufa. Segue a Figura 13 que ilustra a utilização de terra na impressa 3D.

Figura 13- Impressora 3D e a casa feita com terra



Fonte: Yahoo Notícias (2016).

O cimento, como já apresentado, emite grandes quantidades de CO₂, desta forma substituí-lo ou, simplesmente, reduzi-lo por meio de um material menos impactante traria grandes benefícios para o meio ambiente (TAPARELLO, 2016).

As vantagens desse método construtivo, como apresentado por Florêncio, Segundo e Quintella (2016), podem ser resumidas em: redução de custos; menor prazo para execução da obra; garantia de precisão; menor desperdício, consequentemente, menos impacto ambiental; a redução dos preços que permite diminuir a falta de moradias no país.

As desvantagens que intensificam principalmente em virtude do cenário brasileiro, como abordado por Lopes (2016) e Florêncio, Segundo e Quintella (2016), encontram-se na aquisição da impressora e de outras ferramentas, que geram a necessidade de um grande investimento inicial e mão de obra extremamente qualificado para manejo dos equipamentos. Outro ponto que tem barrado essa e outras tecnologias que utilizam em larga escala a automação é o aspecto da geração do desemprego, uma vez que o método não precisa de muitos trabalhadores. Além disso, o paradigma da construção em persistir aplicando apenas

métodos já testados e conhecidos é outro fator que dificulta a maior utilização da impressão 3D.

2.2.3 Resíduos

A falta de manejo dos resíduos da construção tem gerado grandes consequências para o meio ambiente, assim, a seguir serão apresentados estudos que buscam reduzir e instruir para um uso mais consciente dos recursos.

2.2.3.1 5R's

De acordo com Silva *et al.* (2017), com o intuito de diminuir a produção de resíduos foi desenvolvida a política dos 5 R's – reduzir, reutilizar ou reaproveitar, reciclar, repensar e recusar. Essa política impacta no comportamento de cada indivíduo, privilegiando um consumo e posterior manejo sustentável dos resíduos.

Como as ideias são amplas, podem ser replicadas para o âmbito não apenas de indivíduos, mas de empresas, contribuindo para o meio ambiente e a sociedade em geral.

Para cada um dos 5 pontos existem atitudes intrínsecas que possibilitam ao indivíduo seguir seus “mandamentos”. De acordo com Silva *et al.* (2017) e Brasil (2007) seriam:

- Repensar: verificar a priori se há necessidade real do produto, em seguida se o produto possui uma produção ecológica, sem grandes dispêndios para o meio ambiente, desde as etapas iniciais até seu descarte final;
- Recusar: como o nome já diz, seria recusar aqueles produtos desnecessários e não ecológicos;
- Reduzir: esse é o ponto que melhor se aplica à construção civil; é necessário reduzir o desperdício e a produção de resíduos, pois há um impacto direto nos recursos naturais;
- Reutilizar: produtos que seriam descartados podem ser reutilizados com pouca ou nula manufatura, o que reduz a produção de resíduos;
- Reciclar: o ato de reciclar consiste em aplicar mais processos de manufatura ao resíduo, sendo deste modo o último recurso, privilegiando a diminuição da

produção. Por meio da reciclagem é possível transformar os materiais ao seu estado natural ou outro produto.

Segue a Figura 14 desenvolvida para contextualizar a política dos 5R's.



Fonte: BRASIL (2007).

Por meio da política dos 5R's é possível obter inúmeras vantagens, além das já citadas, como é o caso da geração de emprego nas empresas de reciclagem; diminuição da poluição; e maior segurança para o meio ambiente (SILVA *et al.*, 2017).

2.2.3.2 Procedimentos para Manejo de Resíduos Classe A em Obra

Para diminuir a produção de resíduos, uma das possibilidades é sua reciclagem diretamente em obra. A seguir será apresentada uma metodologia desenvolvida por Evangelista, Costa e Zanta (2010) que contempla este assunto. Os mesmos desenvolveram uma pesquisa de campo em três obras em Salvador, Bahia, para verificar diretamente no canteiro a possibilidade de reutilização do RCC classe A.

Foram realizados três tipos de teste: técnicos, a fim de se verificar a qualidade dos produtos; econômico, com o intuito de se verificar os custos de mão de obra e equipamentos com os trituradores diretamente na obra; por último, ambiental, para verificar a quantidade de resíduos que deixou de ser desperdiçada.

Os autores citam que a reciclagem pode ser realizada no próprio canteiro, utilizando equipamentos móveis. Deste modo, os resíduos nem saíam da obra, o que colaboraria até mesmo para a logística do transporte local.

Evangelista, Costa e Zanta (2010) afirmam que os resultados sobre resistência à compressão atenderam aos requisitos normativos conforme apresentado pelo laboratório responsável pelas análises. A partir do RCC coletado, foi aplicado o processo de britagem ao mesmo para sua utilização em outras aplicações, como brita para concreto magro e graute, que foram aplicados em pilaretes e para regularização de vias de acesso.

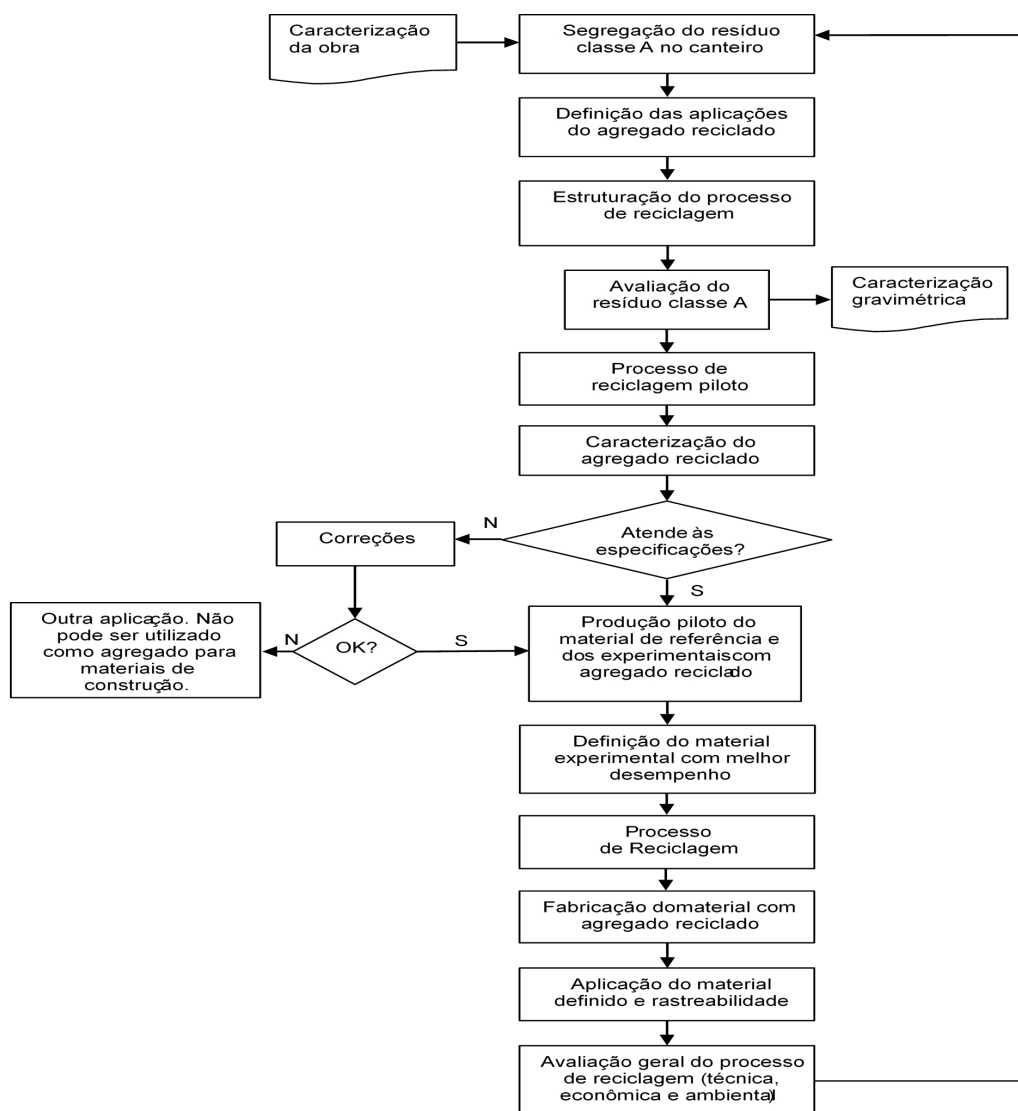
Com relação à redução de resíduos, obteve-se que 312 m³ de agregado natural não foram utilizados e 377 m³ de RCC foram reciclados. No quesito econômico os autores demonstraram ser possível reaver os custos iniciais com maquinário e suas operações, deixando-se de gastar com recursos naturais e com o bota-fora para o RCC.

Por fim, os autores com o intuito de facilitarem a compreensão e a possível aplicação dessa prática, apresentam os procedimentos e um fluxograma para sistematizar o processo de reciclagem de RCC classe A em obra, como apresentado na Figura 15.

De acordo com Evangelista, Costa e Zanta (2010), as etapas críticas descritas em seus estudos seriam: o estudo da obra e verificação da produção estimada de resíduos; possíveis aplicações para o RCC reciclado; definir estratégia para o sistema e locais de reciclagem; verificar características do RCC gerado em obra; controle dos processos de reciclagem; verificar características do RCC reciclado; produção e avaliação tanto dos materiais reciclados quanto dos processos.

Logo, ficou comprovada a possibilidade de aplicação da metodologia, o que pode assegurar a reciclagem de RCC diretamente na obra, impactando na poluição oriunda do descarte irregular e da extração por novos materiais.

Figura 15 – Reciclagem de resíduos classe A em canteiros de obras



Fonte: Evangelista; Costa; Zanta (2010).

2.2.3.3 Logística Reversa

Com enfoque sustentável e também para reduzir custos, empresas têm buscado desenvolver um canal de fluxo reverso com os clientes (MARCONDES; CARDOSO, 2005).

A logística reversa consiste no gerenciamento destes fluxos através dos canais de distribuição reversos, nos quais, uma parcela dos produtos distribuídos, com pouco uso após a venda, com ciclo de vida útil ampliado ou após extinta a sua vida útil, retorna ao ciclo produtivo, readquirindo valor em mercados secundários (MARCONDES; CARDOSO, 2005, p. 1).

A logística reversa é a ideia de se recolocar um bem no ciclo produtivo, desta forma, um material que seria descartado é reutilizado. Isso implica na menor necessidade de se retirar recursos da natureza, portanto, gera menos impactos ambientais. Essa metodologia busca desenvolver e aplicar medidas técnicas e econômicas para que o fluxo reverso dos produtos seja possível (MARCONDES; CARDOSO, 2005).

Os autores afirmam que há muitas razões que fazem com que mais empresas apliquem a logística reversa, como é o caso do aumento da consciência e preocupação da sociedade sobre o tema meio ambiente; a imagem positiva que as empresas mais ecológicas podem ganhar; ganho de competitividade. Além disso, é possível aplicar a logística reversa em diferentes indústrias, inclusive na construção civil.

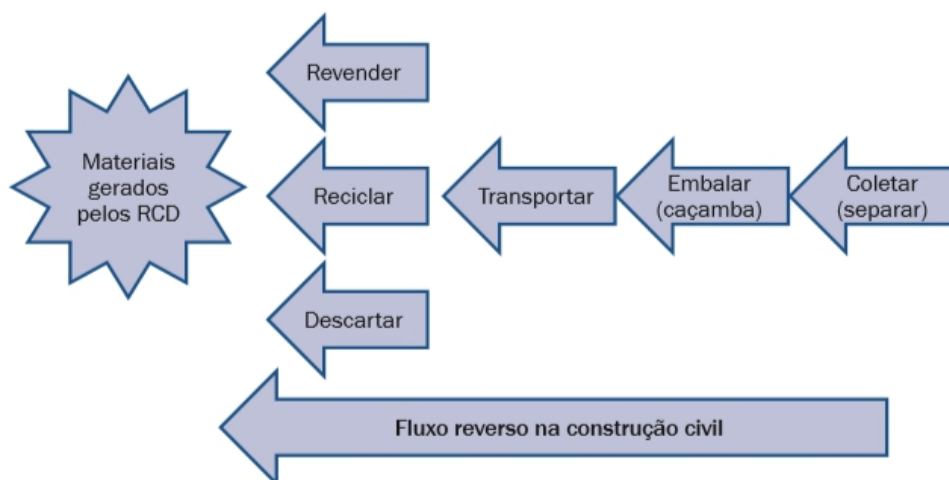
Marcondes; Cardoso (2005) e Ladeira; Vera; Trigueiros (2014) apontam que a construção civil gera uma quantidade massiva de resíduos e com grande variedade, que impactam significativamente no meio ambiente. A logística reversa possibilita dar uma nova destinação para os resíduos e diminuir os seus impactos e a poluição gerada, pois o ciclo produtivo será cíclico. Para isso, é necessário desenvolver o mercado da construção para aplicar mais ações de logística reversa, pois a mesma se encontra em ações isoladas.

Para que isso ocorra na indústria da construção civil, Marcondes e Cardoso (2005) apontam que os fornecedores têm o papel fundamental de desenvolver o canal para o seu produto, pois o setor apresenta uma grande quantidade de materiais, sendo preciso que cada fornecedor regulamentasse o seu fluxo reverso.

Aplica-se a Responsabilidade Estendida do Produto ou *Extended Product Responsibility* – EPR, na qual o desenvolvimento e a criação dos canais reversos podem ser melhor desempenhados pelas empresas fornecedoras (MARCONDES; CARDOSO, 2005). Desta forma, assumiriam a responsabilidade de propiciar caminhos reversos para os produtos, uma vez que as mesmas possuem a tecnologia e o conhecimento necessários para realizar o manejo do material.

Além disso, é fundamental que o canal seja bem estruturado e organizado, possibilitando a utilização desse material em outra indústria, ou o seu simples descarte em local apropriado (MARCONDES; CARDOSO, 2005). A seguir é apresentada a Figura 16 que contextualiza o fluxo reverso.

Figura 16 – Fluxo reverso na construção civil



Fonte: Luchezzi; Terence (2013).

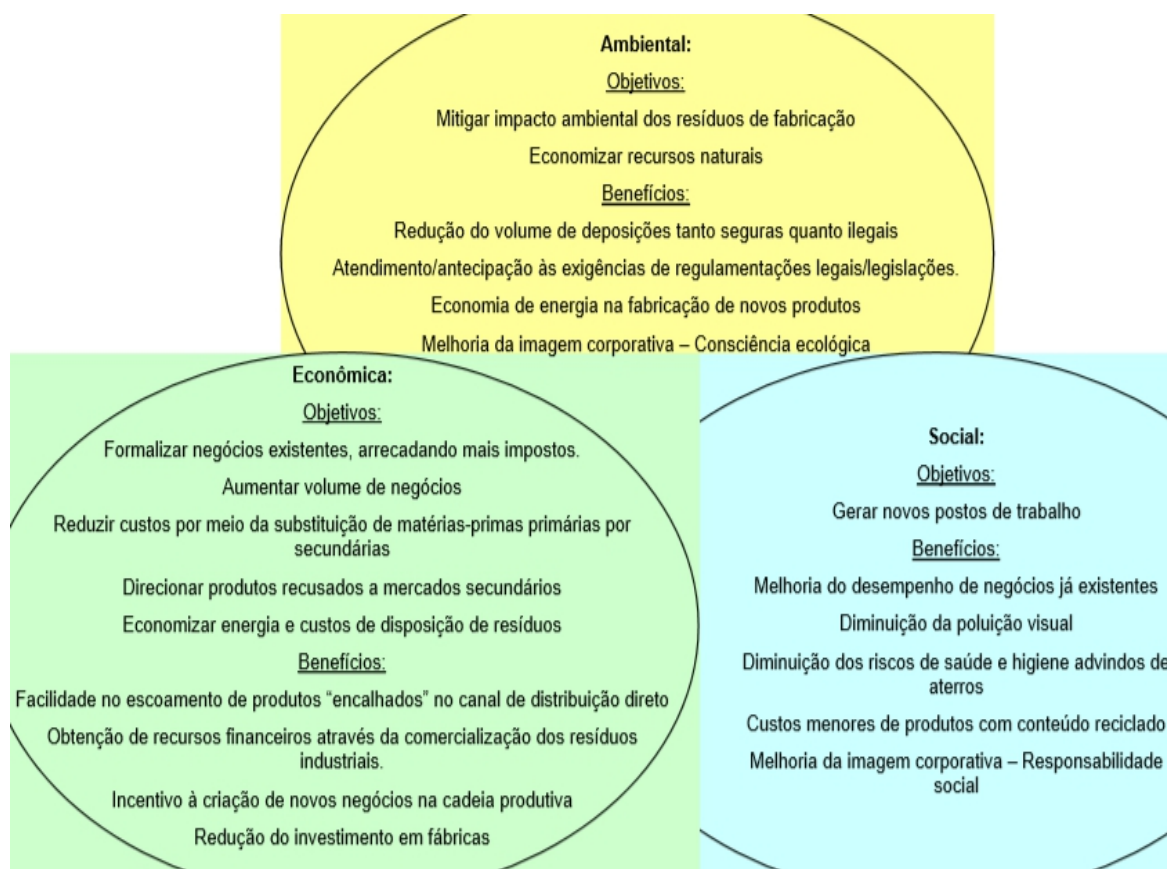
Como se pode ver pela Figura 16, para que o fluxo ocorra é preciso um empenho também dos consumidores, que na construção civil pode ser uma construtora, para realizar a separação e a entrega nos locais estipulados. Desta forma, não é positivo apenas para o meio ambiente, mas no quesito econômico também, uma vez que haverá redução de custo para a destinação do material, como também o maior reuso diretamente na obra, diminuindo a necessidade de compra de novos materiais (LUCHEZZI; TERENCE, 2013).

De acordo com Ladeira, Vera e Trigueiros (2014), em entrevistas realizadas revelaram que 85% dos gestores da OAS, construtora brasileira fundada na Bahia, apontaram que a logística reversa é a solução de manejo para o RCC. Resumidamente, a partir da Figura 17, ficam claras as três áreas de impacto da logística reversa – ambiental, social e econômica.

2.2.3.4 Procedimentos de Logística Reversa para resíduos de gesso

Por muito tempo não foi possível realizar a reciclagem de resíduos de gesso (RG), porém, a partir da descoberta do processo era preciso trazer mais próximo da realidade das empresas. A seguir será apresentada uma metodologia desenvolvida por Kochem (2016) que contempla este assunto. Foi desenvolvido um canal de fluxo reverso para resíduos de gesso, desta forma uniu a tecnologia de reciclagem do gesso com os preceitos da logística reversa.

Figura 17 – Benefícios da Logística Reversa



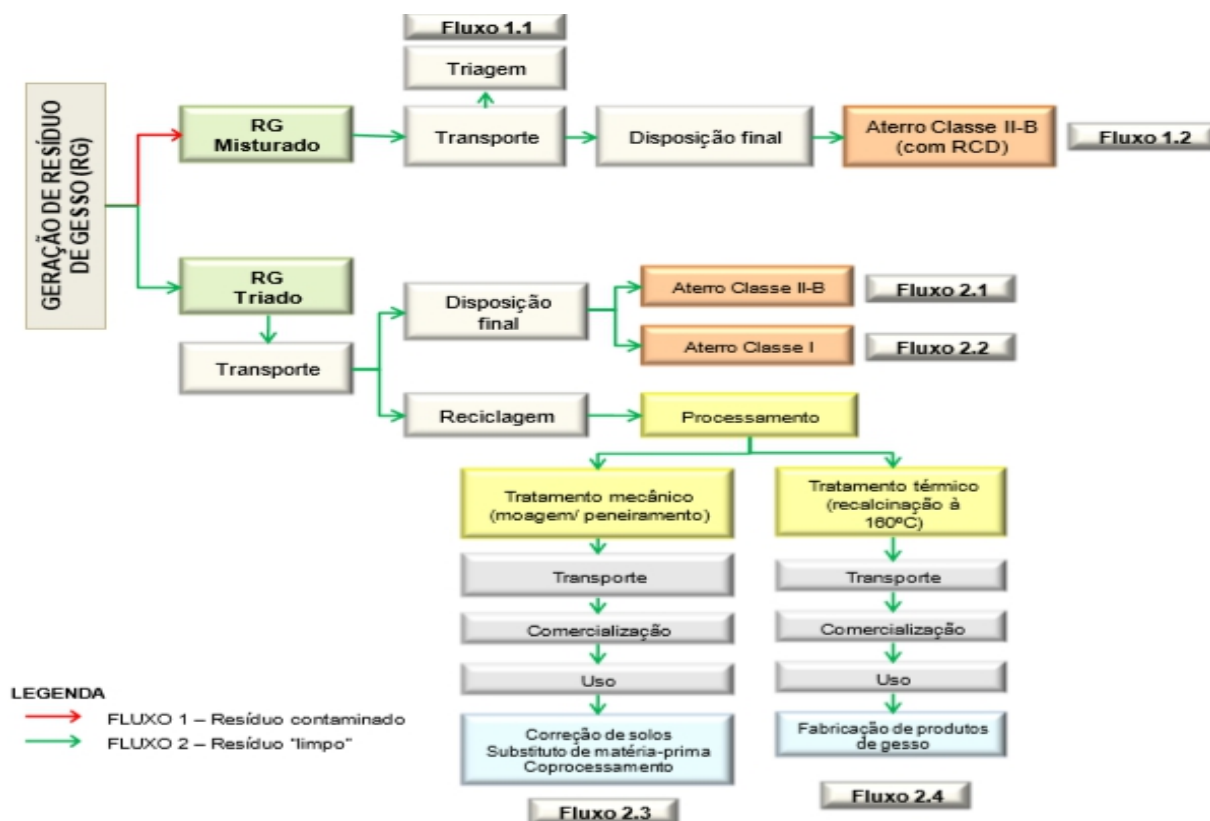
Fonte: Marcondes; Cardoso (2005) modificado pelo autor (2019).

De acordo com a autora do estudo, como o RG apresenta características semelhantes à matéria-prima natural, gipsita, seria possível realizar a sua reciclagem e o seu reaproveitamento. A partir dessa informação, a autora desenvolveu um fluxograma para se aplicar à logística reversa para resíduos de gesso, conforme demonstra no Fluxograma da Figura 18.

Kochem (2016) aponta que o RG possui dois caminhos de fluxo reverso, o primeiro é para aquele resíduo que foi contaminado com outros RCC's; o segundo é o caminho no qual o RG foi corretamente segregado no canteiro de obra e permanece "limpo".

A autora cita que como as propriedades do RG reciclado são muito semelhantes à gipsita e a melhor aplicação do mesmo seria para a produção de cimento, sendo, facilmente, utilizada toda a produção de RG reciclado (KOCHER, 2016).

Figura 18 – Fluxograma da logística reversa do gesso



Fonte: Kochem (2016).

Como se pode verificar, o RG que estaria sendo descartado em um aterro, ou até mesmo em locais irregulares, poderá ser reutilizado e diminuirá a necessidade por material virgem, aplicando assim o conceito de logística reversa. A mesma pode ser aplicada a todas as cadeias da construção civil, apenas é necessário que haja um trabalho em conjunto com as construtoras, fazendo uma triagem para não haver a contaminação do material (RG, nesse caso), o transporte adequado até as fornecedoras e/ou recicladores, para, assim, reaplicarem valor a este resíduo, o que possibilitaria a sua reinserção na economia produtiva.

2.2.3.5 Gestão e Manejo de Resíduos de Pequenas Obras

Como até então foram apresentadas técnicas mitigadoras que seriam mais facilmente aplicadas a grandes obras, a seguir será apresentado uma metodologia desenvolvida por Batista Junior e Romanel (2013), que contempla este assunto em pequenas obras. Os mesmos desenvolveram uma forma de gestão do RCC em cidades por meio de um fluxo reverso.

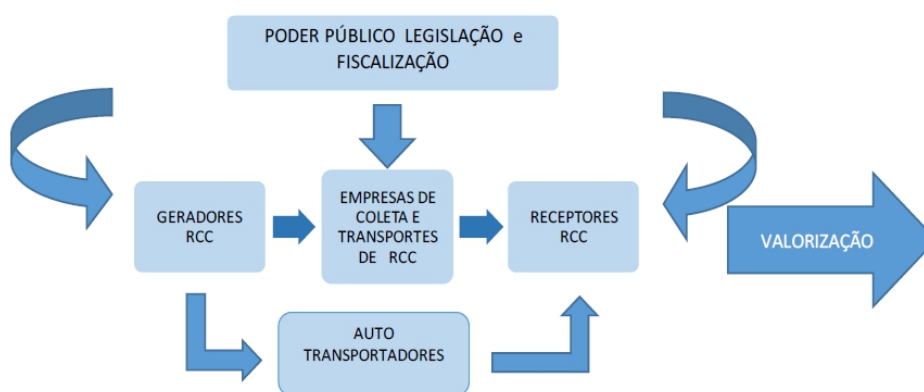
De acordo com os autores, mais de 50% do RCC produzido no Rio de Janeiro é oriundo de pequenas obras. Desta forma, para se atingir um estado de produção mínimo ou nulo de RCC, estratégias de manejo para o pequeno produtor são fundamentais, além disso as pequenas obras apresentam uma dificuldade maior tanto para realizar a triagem quanto o transporte do RCC para o local de descarte adequado, quando comparada às grandes obras (BATISTA JUNIOR; ROMANEL, 2013).

Esse percentual pode ser ainda maior, pois como apresentado no estudo de Lombardi Filho (2017) mais de 70% do volume de RCC produzido na cidade pode ser oriundo de pequenas obras e reformas.

Existem determinados setores que fazem parte do fluxo dos resíduos e que bem integrados podem contornar as dificuldades acima lançadas, são eles: poder público; geradores de resíduos; empresas de coleta; associações de catadores e outros agentes promotores (LOMBARDI FILHO, 2017).

Segue a Figura 19 que apresenta a relação entre os atores envolvidos no fluxo reverso de RCC para pequenas obras em uma cidade.

Figura 19 – Relação entre os atores envolvidos



Fonte: Lombardi Filho (2017).

Como apresentado por Lombardi Filho (2017), cada ator possui a sua responsabilidade para que ocorra um fluxo adequado, no qual ocorra um tratamento e uma valorização do resíduo. Isso deve começar desde os produtores que são aqueles que determinam o tamanho do fluxo de acordo com sua geração, até a destinação final, determinada pelo poder público.

Batista Junior e Romanel (2013) citam a Lei Federal n. 12.305, na qual os geradores de RCC são responsáveis pela destinação adequada dos resíduos. Porém, para que isso ocorra, é

necessário que haja uma rede de logística reversa adequada para o manejo, e que a mesma tenha a infraestrutura espalhada pela cidade e que seja capaz de possibilitar a segregação dos materiais ainda na origem.

O poder público, como agente disciplinador e incentivador, deve regulamentar o processamento dos resíduos, utilizando de todas as ferramentas possíveis como incentivos, multas e fiscalização no controle de cada etapa, verificando quali-quantitativamente os resíduos para determinar quais seriam as pequenas obras e a melhor destinação. (LOMBARDI FILHO, 2017).

A infraestrutura necessária para implantação de uma logística circular deve contemplar a segregação na origem, oferta de armazenamento seletivo, facilidade de transporte de resíduos, manutenção e implantação de centros de tratamento de resíduos da construção civil (CTRCC), escoamento de produtos reciclados e incentivos à sua utilização pelo mercado imobiliário (BATISTA JUNIOR; ROMANEL, 2013, p. 32).

Lombardi Filho (2017) e Spadoto e Batista (2015) reforçam que medidas devem ser tomadas para a redução da produção de RCC, diminuindo o fluxo na origem por meio de processos de reciclagem e conscientização.

Para Batista Junior e Romanel (2013), após a geração devem ocorrer a triagem e a correta segregação para posterior transporte até os pontos de entrega, que bem localizados tornariam mais fácil e barato para os pequenos construtores, diminuindo assim os descartes irregulares. Com a concentração de RCC, a quantidade presente possibilitaria haver melhores oportunidades de negociações e corte de custos para as recicladoras.

De acordo com Batista Junior e Romanel (2013) e Lombardi Filho (2017), as atividades desempenhadas por cada um dos envolvidos no fluxo reverso seriam:

- O poder público: com um papel fundamental, como apresentado por Spadoto e Batista (2015) na Figura 20, é responsável pelo desenvolvimento e aplicação de estratégias legais, como: aplicação de multas e taxas para o descarte irregular; desenvolver um manejo adequado para ser aplicado sistematicamente; definir metas de reciclagem para diminuição da geração de resíduos; apoio financeiro para a criação de pontos de coleta, como também, de destinação final;
- Geradores de RCC: o papel do gerador é de seguir as leis e cumprir com as obrigações legais, realizando a segregação e dando o destino adequado dos resíduos. Outro ponto, que pode ser até mais importante, é a simples conscientização da população,

desenvolver a pró-atividade e a responsabilidade social de cada indivíduo, o que poderia ser obtido de acordo com a Figura 21. Isso favorecerá o cuidado com os materiais, melhor planejamento, consequentemente, diminuição do desperdício e manejo mais adequado dos resíduos;

- Empresas de coleta: responsáveis pela operação das caçambas dos geradores aos ecopontos, os mesmos deveriam transportar apenas material segregado, o que exigiria que os produtores realizassem a triagem ainda na obra;
- Associações de catadores e outros agentes promotores: os autores também sugerem que a operação dos pontos de coleta e dos centros de tratamento caberiam às associações de catadores, possibilitando a geração de empregos e renda.

Figura 20 – Estratégias legais



Fonte: Spadotto; Batista (2015).

Figura 21 – Conscientização dos envolvidos



Fonte: Spadotto; Batista, (2015).

2.2.4 Gerenciamento de Obra

“Gerenciamento nada mais é que direcionar, organizar, executar e elaborar projetos pelas organizações no intuito de introduzir inovações e mudanças aos mesmos, agregando valor, otimizando prazos e recursos” (SILVA, 2011, p.21).

2.2.4.1 Building Information Modeling (BIM)

A modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling* – BIM) envolve um conjunto interrelacionado de políticas, processos e tecnologias para gerenciar a essência do projeto, construção e operação de edifícios no formato digital em todo o ciclo de vida da edificação (RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013, p.1).

Como apresentado pelos autores, o BIM é formado por uma grande quantidade de dados de um projeto em um meio digital, que permite a todos os envolvidos no desenvolvimento a integração total. Como resultado a construção apresenta maior eficiência, menor prazo e previsibilidade de manutenções (RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013).

O *Computer Aided Design* – CAD, que é um desenho assistido pelo computador, nada mais é que um conjunto de linhas que formam uma figura mais complexa, porém, no caso do BIM trabalha-se com objetos, que permitem sua parametrização, trabalhando com informações e não apenas linhas (MULLER, 2015).

Além disso, é possível haver interação entre os objetos. Desta forma, BIM permite uma grande flexibilização, uma vez que a cada alteração, isto ocorrerá em todo o projeto instantaneamente. Como trabalha por meio de parametrização, é possível gerar quantas vistas forem necessárias automaticamente, com isso, o BIM com toda essa informação permite uma precisão muito maior, eliminando desperdícios (MULLER, 2015).

Outro ponto que tem feito o BIM ser cada vez mais requisitado nas empresas é a possibilidade de haver sua integração com o planejamento, conhecido como BIM 4D, utilizando a variável tempo. Assim as construtoras podem obter informações de cronograma e aplicar maior controle às obras. Além disso, há integração também com os custos, conhecido com BIM 5D, que permite melhor controle dos orçamentos e uma compra mais próxima aos quantitativos que a obra realmente precisa (PORTO, 2016).

Com todos esses novos avanços que o BIM permite, fica clara sua participação no planejamento da obra, assegurando aos projetistas estudar e determinar, com alto grau de precisão, o cronograma, os custos e as etapas construtivas. Com o cronograma mais assertivo e bem controlado, os gestores têm diferentes ferramentas para servir de auxílio nas tomadas de decisões, permitindo até mesmo definir a logística do canteiro e verificar eventuais conflitos que venham a ocorrer nas diferentes frentes de serviço no decorrer da obra.

2.2.4.2 Construção Enxuta

O conceito de “Mentalidade Enxuta” ou “*Lean Thinking*” foi desenvolvido na década de 90. O foco da Mentalidade Enxuta é a completa eliminação de desperdício, tanto com atividades quanto materiais, e para isso utiliza os princípios propostos por Koskela (1992). A nova filosofia aplicável à construção civil é o *Lean Construction*, ou Construção Enxuta, em tradução livre (KUREK *et al.*, 2013).

A seguir serão apresentadas as sugestões de Kurek *et al.* (2013) para uma construtora, baseando-se nos princípios desenvolvidos por Koskela (1992). Apesar de ser um caso específico, as sugestões podem ser replicadas para outras empresas:

- I. Redução da parcela de atividades que não agregam valor: para este primeiro princípio, os autores sugeriram que a empresa organizasse o canteiro de obra e definisse o *layout* mais adequado. O mesmo deveria identificar as áreas de entrada, saída, carga e

descarga de materiais e vias de circulação. Além disso, as matérias-primas deveriam ser armazenadas em baias separadas com locais específicos;

- II. Aumentar o valor do produto através das considerações dos clientes: com o objetivo de seguir este princípio, buscou-se entender o que os clientes, que para o caso dessa obra foram separados em dois: clientes internos, os funcionários, e cliente externos, os clientes que iriam adquirir o imóvel, sugeriam sobre a construção. Foram realizadas reuniões de planejamento, o que garante mais eficiência para toda a obra.
- III. Reduzir variabilidade: para este princípio foi identificado que era necessário que a empresa monitorasse as variabilidades de execução. Com isso foi possível identificar a causa dos problemas do não cumprimento de determinadas atividades. Para o cliente, quanto mais uniforme é melhor, e isso será possível graças a padronização das tarefas;
- IV. Redução do tempo de ciclo: para realizar tal princípio, Kurek *et al.* (2013) sugeriram que tanto o planejamento quanto o controle da produção deveriam ter tempos de ciclo menores, tornando-se assim mais eficientes e possibilitando a identificação de melhorias.
- V. Simplificação pela minimização do número de passos e partes: com o objetivo de atender à simplificação foi sugerido à empresa que utilizasse materiais e sistemas de processos mais simples, que reduziriam etapas e tornariam mais eficientes os processos. Como por exemplo, de acordo com o sistema construtivo por eles adotado, foi sugerida a utilização de vergas pré-fabricadas, o que implicou na redução do tempo da atividade.
- VI. Aumento da flexibilidade de saída: este princípio busca tornar o produto mais flexível e que, com isso, o cliente possa ter uma maior personalização que atenda às suas exigências. Então, para realizar este princípio foi utilizada laje plana, que possibilita a mudança de *layout* de paredes, tornando o produto flexível a alterações.
- VII. Aumento da transparência dos processos: este princípio busca diminuir a possibilidade de erro durante a execução de tarefas por meio da transparência, informação e organização (PERETTI *et al.*, 2016). Com o objetivo de dar maior transparência aos processos, Kurek *et al.* (2013) implantaram o programa 5S, dividindo o canteiro em 5 sentidos: utilização; ordenação; limpeza, disciplina; asseio. Com isso houve uma mudança no *layout* do canteiro que aumentou a produtividade dos trabalhadores.
- VIII. Focar o controle no processo como um todo: este princípio busca aplicar o controle e a máxima integração do planejamento, com foco em verificar os processos e seus

avanços. De acordo com Kurek *et al.* (2013), foi sugerido à construtora realizar parcerias e avaliações com os fornecedores das atividades executadas.

- IX. Estabelecimento de melhoria contínua do processo: a partir da realização constante do controle das tarefas é possível identificar eventuais melhorias nos processos, Kurek *et al.* (2013) implementaram o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP-H, um instrumento que identifica os problemas e as possíveis soluções.
- X. Equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões: este princípio busca aperfeiçoar os processos já utilizados. Para tal, Kurek *et al.* (2013) sugeriram à empresa que mapeasse os processos, o que possibilita identificar as necessidades de cada etapa, e ter um possível aperfeiçoamento futuro.
- XI. *Benchmarking*: para realizar tal princípio é necessário que a construtora conheça todos os seus processos para que a mesma possa se atualizar constantemente e buscar aperfeiçoá-los com base na concorrência. O estudo de Kurek *et al.* (2013) foi considerado o *Benchmarking* da empresa.

A ideia fundamental da “Construção Enxuta” é a de tornar os processos mais simples e aplicar o controle e o planejamento de obras constantemente. Além disso, buscar melhorar os processos da empresa atualizando-se com a tecnologia utilizada no momento (KUREK *et al.* (2013).

Desta forma, será reduzido consideravelmente o desperdício de materiais, o que vai de encontro com os objetivos deste estudo. Como também, traz ganhos financeiros para as empresas que aplicarem os princípios, porque há redução dos custos e aumento da agilidade e da eficiência, o que resulta em mais entregas de produtos em menor espaço de tempo.

2.1.5 Mão de Obra

Para a realização de um gerenciamento adequado da obra é imprescindível ter uma mão de obra qualificada. Conforme já apresentado, o Brasil carece de trabalhadores qualificados em diversas áreas, mas principalmente no setor da construção civil.

A mão de obra considerando leis sociais chega a representar 52% dos custos da edificação. Mas este número pode tornar-se maior quando a mão de obra não possui qualificação. Assim, construir com qualidade e baixo custo não dependem somente das técnicas ou dos tipos de materiais empregados, mas também da união de pessoas

qualificadas para as respectivas funções a serem desenvolvidas (MARCONDES, 2016, p.9).

A melhora da qualificação profissional de um trabalhador impacta em diversas formas no seu serviço, proporcionando um aumento de sua eficiência, produtividade e até mesmo, de sua motivação (CALDAS, 2017).

2.2.5.1 Estratégias de Implementação para Municípios

A seguir será apresentado um estudo realizado por Marcondes (2016) onde se apresentam iniciativas para a solução do problema de qualificação da mão de obra, por meio de iniciativas do setor público.

O autor afirma que a problemática de qualificação da mão de obra é percebida de diferentes formas entre as empresas do setor da construção civil. Para as grandes empresas, a possibilidade de aplicar treinamentos e cursos preparatórios é mais frequente e natural, porém, quando se analisa empresas de médio e pequeno porte é comum uma visão completamente diferente. Para as construtoras, um trabalhador para se aperfeiçoar, deixando de trabalhar, é perda de produtividade, uma vez que o mesmo não está exercendo uma tarefa no momento do curso, sendo, portanto, uma forma incorreta de compreender a situação, não verificando que o mesmo trará melhores resultados, qualidade e poderá até diminuir custos para a construtora.

É neste momento que entra a participação do poder público, que deve fornecer a infraestrutura dos cursos para profissionalização dos operários.

Segundo Marcondes (2016) existem quatro etapas que devem ser seguidas por um Município para a implementação de um programa de qualificação dos trabalhadores da construção civil:

- I. **Verificação do orçamento necessário:** esta etapa tem por objetivo quantificar e qualificar os trabalhadores interessados nos cursos. A partir desses dados é possível identificar o orçamento necessário para realizar o projeto. Neste momento também é verificado o conteúdo, a forma e quem será responsável por ensinar;
- II. **Contratação de empresas e parceria com instituições:** nesta etapa se define quais serão as empresas e institutos que farão parte do projeto;

- III. **Conscientização:** a terceira etapa, talvez a mais importante, é aquela na qual será realizado a conscientização de que a qualificação é fundamental, buscando trazer o interesse de todos, desde os trabalhadores até os diretores das construtoras;
- IV. **Avaliação de resultados:** a última etapa, como forma também de aperfeiçoar o próprio curso, consiste em elaborar uma metodologia de avaliação. O intuito é verificar se houve aperfeiçoamento da mão de obra nos diferentes quesitos, como: eficiência; comunicação no trabalho; produtividade; melhor manejo de ferramentas.

Como forma de atrair o interesse dos trabalhadores, é fundamental que o curso seja prático, aplicando os conceitos aprendidos com exemplos. Além disso, deve haver uma estrutura de ensino consistente e um plano de ação bem elaborado (MARCONDES, 2016).

Outro estudo que aborda a temática da qualificação profissional foi desenvolvido por Cardoso *et al.* (2007), ele aborda todo conjunto de ações que devem ser tomadas pelo poder público ou organizações sem fins lucrativos para a implementação de um programa de qualificação.

Esse processo de capacitação dos trabalhadores envolveria cinco etapas:

- definição das premissas que compõe a estratégia de ações;
- modelo para capacitação e certificação profissional;
- adoção de planos de ações;
- estabelecimento da gerência e governança;
- implantação de projeto piloto.

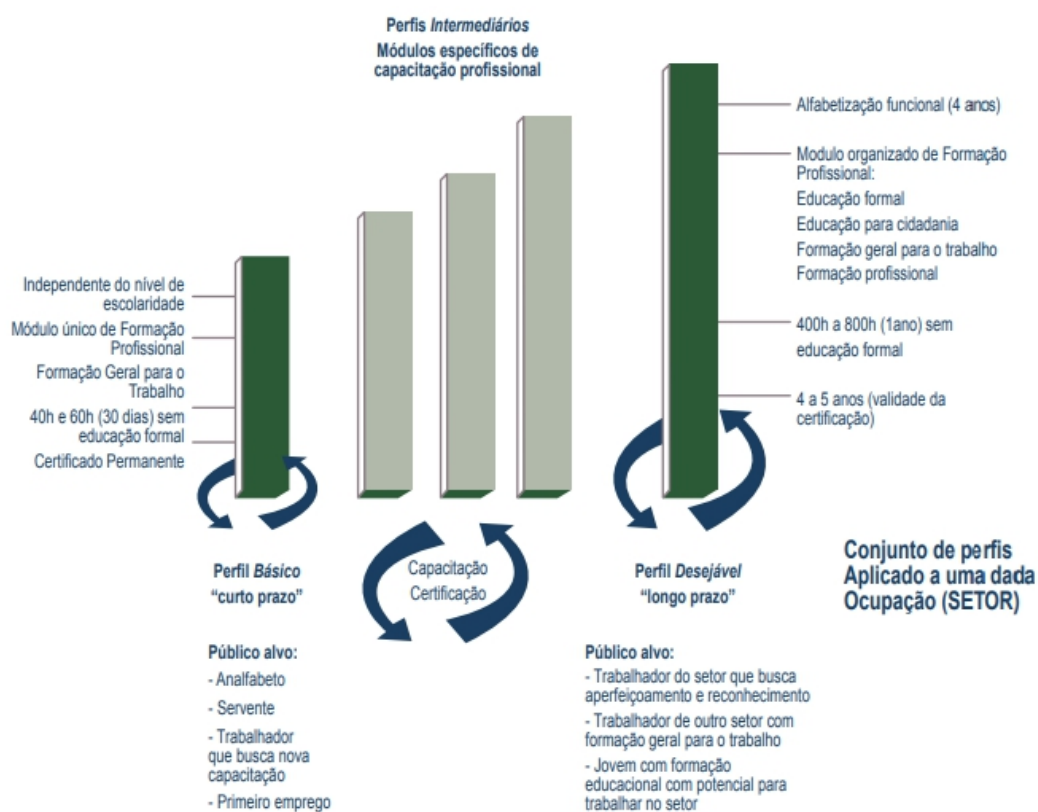
Na primeira etapa, das premissas, são determinados quais serão os objetivos do projeto, como: qual o tempo de curso? O que ensinar? Quantidade de alunos e a demanda pelo curso? Além disso, verificar possíveis parcerias entre o público e o privado, e desenvolver uma metodologia que favoreça a entrada de grande número de trabalhadores no mercado de trabalho por meio da capacitação, desde um nível básico para um nível mais avançado, o que supriria as diferentes necessidades das empresas.

Cardoso *et al.* (2007) apontam que para haver um maior interesse dos trabalhadores é fundamental que todos os envolvidos – empresas; construtoras; fabricantes; consumidores – exijam mão de obra qualificada, o que desenvolverá a demanda para o curso.

O próximo passo é a definição do modelo de qualificação, é proposto que seja feito uma divisão em três níveis de competências: básico, intermediário e “desejável”.

O nível básico será aplicado para aqueles com pouca ou nenhuma experiência na área, além de pessoas com poucos estudos. Este curso seria de curto prazo. Em seguida há o nível intermediário, o qual apresentará módulos de ensino para capacitação em áreas específicas, podendo os módulos ser de curto ou longo prazo. Por último, o nível “desejável”, que apresenta longo prazo de ensino e foca em pessoas com mais experiência e alfabetização. A seguir segue Figura 22 que ilustra o modelo apresentado.

Figura 22 – Modelo de qualificação



Fonte: Cardoso (2007).

Após a definição do modelo, Cardoso (2007) aponta a necessidade de cumprir ações mínimas para a continuidade do projeto, como: obtenção de recursos financeiros; firmar parcerias; criar a demanda pelo curso.

Os recursos financeiros são essenciais para obtenção do material didático, do salário dos professores como também da infraestrutura para a realização dos cursos. As parcerias devem focar em desenvolver o interesse das empresas e de organizações voltadas para a

qualidade e o ensino como o caso do Ministério da Educação (MEC). Uma vez obtido as parcerias com as empresas é possível alinhar com as construtoras para exigirem de seus trabalhadores capacitação, o que desenvolveria a demanda pelo curso (CARDOSO, 2007).

Em seguida é definido quem ficaria responsável por gerir todo o programa de ensino, Cardoso (2007) aponta que um curso de capacitação como esse que pode atingir centenas como até mesmo milhares de pessoas, a melhor forma de gerência-lo seria através de uma Organização da Sociedade Civil de Interesse Público – OSCIP que faria uma gerência por meio do auxílio de empresas privadas e da sociedade de um modo geral, não apenas pelo poder público. Essa organização teria a meta de desenvolver, implementar e gerir todo o programa.

O último passo seria executar em uma escala reduzida com poucos trabalhadores, como um teste piloto, e verificar os resultados. Em seguida, analisar as necessidades de aperfeiçoamento e então, expandir o a escala do curso.

O foco de ambos estudos foi de garantir que os Municípios possam ser capazes de treinar sua mão de obra, porém não são programas aplicáveis apenas na escala de um Município, podendo na verdade, serem aplicados em grandes escalas, tanto estaduais quanto federais. O resultado é a maior qualidade para as construções e a conscientização dos trabalhadores para diminuir os desperdícios e executar o serviço de forma mais consciente. Isso só será possível por meio da aproximação entre empresas, instituições e os trabalhadores.

2.2.5.2 Exemplo de Treinamento junto a Instituições

Neste momento, será apresentado o estudo de Fujimoto *et al.* (2012). Os autores trazem um exemplo de uma aproximação entre a universidade, empresas e os operários da construção civil – tanto empregados quanto desempregados.

Para o treinamento foram utilizados os laboratórios do CEATEC³, PUC-Campinas, e instalações da faculdade para palestras e encontros. O plano de ensino foi elaborado pelo professor orientador e pelos orientandos, sempre buscando aplicar de uma forma simples e prática o conteúdo com o intuito de facilitar o aprendizado dos trabalhadores (FUJIMOTO *et al.*, 2012).

Com atenção aos pontos mais importantes para a atual situação dos trabalhadores, o conteúdo foi focado de forma a trazer conhecimento que possibilitasse sua aplicação imediata

³ CEATEC – Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias.

por meio destes, o que poderia trazer uma recolocação ao mercado e melhores resultados profissionais. Alguns pontos abordados foram: leitura de projetos; segurança do trabalho; construção sustentável (FUJIMOTO *et al.*, 2012).

Como o projeto teve duração de 2 anos, segundo Fujimoto *et al.* (2012), foi possível verificar durante os meses o avanço e o aperfeiçoamento que todos tiveram. Os trabalhadores se sentiam mais motivados e interessados em aprender, uma vez que enxergavam a aplicação do conteúdo aprendido. Além disso, ficou claro o desenvolvimento profissional como melhora da comunicação, produtividade e manejo de ferramentas.

Desta forma, uma possibilidade para diminuir essa escassez de mão de obra qualificada, encontra-se por meio de projetos que aproximam a indústria, as faculdades e os trabalhadores. A indústria, por consequência, ganha eficiência e diminuição de custos; os estudantes universitários e professores envolvidos ganham conhecimentos tanto acadêmicos quanto culturais; e os trabalhadores, por fim, ganham a oportunidade de ascensão profissional e melhor qualidade de vida. Portanto, todos têm a ganhar com essa estratégia, que mostra resultados e é de fácil aplicação.

2.2.5.3 Ensino com novas tecnologias

Além dos métodos tradicionais de ensino, existem outras formas, que podem aliar-se às já existentes ou, até mesmo, substituí-las. O avanço das tecnologias possibilitou que o ensino fosse tratado de uma forma diferente, à distância e, também por meio da Realidade Aumentada e Virtual. Para Zanoello (2018) e Campos Filho (2004), uma abordagem que diminuiria os desperdícios e melhoraria a eficiência seria introduzindo treinamentos à distância através da Internet, com o objetivo de colaborar para os treinamentos dos trabalhadores.

Zanoello (2018) cita que inúmeras empresas, inclusive a brasileira EstudeAE, fornecem cursos de diversas áreas da engenharia civil. Devido a esse crescimento de empresas voltadas à aplicação de cursos para trabalhadores por meio da Internet, ou até mesmo de aplicativos de celular, têm feito com que o conceito de ensino à distância ganhe cada vez mais popularidade.

Um dos pontos que mais chama a atenção e que pode ser decisivo na escolha das empresas é o custo. Campos Filho (2004) apresenta que o custo seria muito reduzido quando comparada ao treinamento tradicional feito em salas de aula. O Quadro 4 que segue exemplifica essa diferença entre as duas modalidades. Desta forma, poderia se aliar as

modalidades já existentes com o ensino à distância, ficando responsável por passar a teoria para os trabalhadores, e o presencial seriam os laboratórios, colocando, assim, tudo em prática, trazendo agilidade ao ensino e universalizando o mesmo, tornando-o mais acessível.

Quadro 4 – Custo comparativo entre ensino presencial e à distância

Custos	Treinamento Presencial	Treinamento a distância
Despesa com horas técnicas do instrutor ^a	R\$ 3.840,00	Não
Despesas com passagem Recife-São Paulo-Recife ^b	R\$ 644,00	Não
Despesas com hospedagem ^c	R\$ 1.260,00	Não
Despesas com alimentação ^d	R\$ 350,00	Não
Aluguel de microcomputadores ^e	Não	R\$ 3.240,00
Total	R\$ 6.094,00	R\$ 3.240,00
a - O valor da hora técnica para implantação do treinamento é de R\$ 40,00 e o valor total foi calculado para 96 horas.		
b- Valor da passagem aérea tarifa econômica promocional.		
c- Hospedagem calculada para o período de 14 dias com o valor da diária R\$ 90,00		
d- Valor da alimentação calculada de R\$ 25,00/dia num período de 14 dias		
e- Valor do aluguel de 6 computadores é de R\$ 270,00 a diária com a infraestrutura da sala fornecido pela IBPI Net – The Internet School. O valor total foi calculado para 12 dias.		

Fonte: Campos Filho (2004).

Outra forma de ensino, e que vem ganhando cada vez mais adeptos, é o ensino por meio da Realidade Aumentada e Virtual.

[...] pode-se definir realidade aumentada como a integração entre informações virtuais a um meio real em tempo real, com possibilidades de interações entre o usuário e o ambiente. Já realidade virtual pode ser descrita como experiências que ocorrem em um ambiente totalmente virtual, havendo, também, interações do usuário com o meio (ZANOELLO, 2018, P. 1).

Zanoello (2018) aponta como essas ferramentas podem ser de grande importância para o treinamento, principalmente de novos trabalhadores, que estão presentes em grande parte dos acidentes em obra, o que diminuiria a ocorrência de novas ocorrências e os custos das empresas. Além disso, pode ser utilizado tanto para instruir o manejo de um equipamento, quanto para ensinar conceitos técnicos da construção civil.

Como se pode verificar, é possível a aplicação de tecnologia para aperfeiçoar a mão de obra da construção civil como outras indústrias já fazem. Isso poderia diminuir o distanciamento tecnológico que apresenta em relação a outros setores da economia. Os benefícios desse investimento na qualificação da mão de obra poderão ser sentidos por todos os envolvidos, com as empresas eliminando custos operacionais, retrabalhos, desperdícios, e

entregando produtos com menor prazo. Os trabalhadores, além disso, ganham produtividade, motivação e melhores oportunidades profissionais (ZANOELLO, 2018).

2.1.6 Medidas de Redução do Consumo de Água

Além dos pontos já citados nesse estudo, a água e seu consumo exacerbado durante as etapas de construção é outro impacto significativo causado pela construção civil. Entretanto, como citado pela CBCS (2009), apenas com medidas mitigadoras pode-se diminuir o consumo de água em até 40%, preservando, desta forma, os recursos da natureza.

2.2.6.1 Reuso de Água Cinza

De acordo com a Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), reuso de água cinza é uma prática que pode trazer inúmeros benefícios para o meio ambiente e a sociedade em geral, pois é possível diminuir a emissão de poluentes no meio ambiente, além de preservar os recursos naturais.

Segundo o Brasil (2005), água de reuso possui as seguintes definições:

[...] II – Reuso de água: utilização de água residuária; III – água de Reuso: água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas; IV – Reuso direto de água: uso planejado de água de reuso, conduzida ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos [...] (Brasil, 2005, p. 1)

De acordo com a World Health Organization (WHO, 1973), a água de reuso se classifica em três tipos, são eles:

- Reuso indireto: ocorre quando a água é utilizada e lançada em um corpo hídrico, em seguida, a jusante, após ter sofrido diluição é utilizada novamente;
- Reuso direto: esse tipo de reuso ocorre de uma forma planejada, reutilizando o esgoto tratado para determinados fins;
- Reciclagem: nesse processo ocorre o reuso de água para outros fins internamente às instalações de uma residência ou indústria.

Ainda segundo a Word Health Organization (WHO, 2006), existe uma classificação para o esgoto doméstico, a saber:

- Águas cinzas: é a água que não possui quantidades significativas de excretas, provém da utilização de chuveiros e de pias.
- Águas negras: é aquela água que advém do uso de descargas sanitárias, possuindo grandes quantidades de excretas e bactérias.

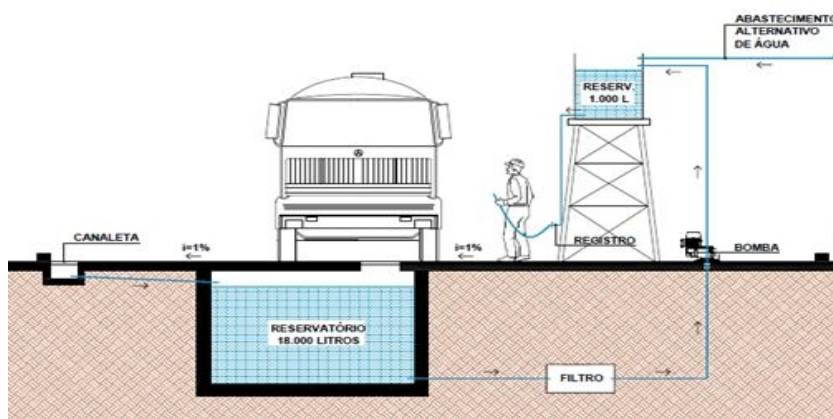
A água cinza é que se pode ser reutilizada nas obras, enquanto que a negra deve ser descartada (HESPANHOL, 2008).

De acordo com Loretto (2018) existem diversas formas de aplicação da água cinza na construção civil como:

- Em banheiros para utilização do vaso sanitário;
- Limpeza de equipamentos, ferramentas e calçadas;
- Utilização em obras de terra para correção da umidade;
- Cura de concreto;
- Testes hidráulicos para verificação de serviços, como instalações de incêndio.

Além desses usos, ainda cita a utilização cíclica da água de reuso em determinadas atividades, como “Lava Rodas” e “Lava Bicas”. Segue ilustração do sistema na Figura 23.

Figura 23 – Ciclo da água para reutilização no lava-rodas e bicas



Fonte: Azevedo; Valle (2012).

2.2.6.2 Água de Chuva

Uma medida, que é de simples aplicação, é a utilização da água de chuva para fins não potáveis.

A norma responsável pelas regras de aproveitamento da água de chuva é a NBR 15527:2007. A mesma caracteriza “água de chuva” como: “água resultante de precipitações atmosféricas coletada em coberturas, telhados, onde não haja circulação de pessoas, veículos ou animais” (NBR 15527:2007, p.1).

Da mesma forma que a água cinza, a água de chuva possui aplicações semelhantes, como limpeza, cura de concreto e em banheiros para descargas (LORETTO, 2018).

De acordo com Loretto (2018) e Tomaz (2010), o sistema de captação de águas de chuva possui algumas etapas fundamentais para que ocorra sua correta captação, filtração e posterior uso:

- Área de captação: como o nome já diz, é a área de coleta, como telhados e coberturas. Sendo que as telhas podem ser de qualquer tipo, e até mesmo a inclinação do telhado é um fator variável;
- Calhas, condutores: é necessário fazer o seu transporte até o local de armazenamento, e para isso são utilizados calhas e condutores;
- *By Pass*: este equipamento é necessário para descartar a primeira chuva após um período de estiagem;
- Peneira: para remover resíduos “graúdos” da água;
- Reservatório: local de armazenamento da água captada;
- Extravasor: quando a quantidade de água atinge o limite do reservatório, o extravasor tem a função de eliminar a água excedente.

Como medida mitigadora, o uso de água da chuva tem resultados benéficos tanto para o meio ambiente quanto para o quesito econômico das empresas, uma vez que o consumo anual de água do canteiro de obras pode ser reduzido em até 26% (SANTOS, 2016).

2.2.6.3 Uso Racional

O desperdício é o material que deixou de ser utilizado devido ao seu mau uso ou uso excessivo por causa de tecnologias e sistemas ultrapassados (LORETTO, 2018). Um dos grandes fatores de consumo do setor da construção civil é o uso indiscriminado, sem planejamento, e até mesmo inconsequente. E como a água é um material de construção, a mesma também é utilizada sem o cuidado devido.

Sendo assim, um fator fundamental para mitigar o uso da água seria por meio da conscientização da população. De acordo com Marques; Gomes e Brandli (2017), a instrução para o menor consumo com intuito de preservar o recurso mostra-se como a solução mais importante.

Loretto (2018) apresenta algumas medidas mitigadoras, como:

- Monitoramento: busca constante para possíveis vazamentos, sistemas maus instalados, etc;
- Conscientização: instrução contínua dos trabalhadores sobre os benefícios de se preservar água;
- Atualizar os equipamentos e instalações: sistemas mais eficientes e que gerem menos desperdícios.

3 METODOLOGIA

3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Uma crescente preocupação com o meio ambiente e os impactos que a humanidade tem gerando em escala nunca antes vista, coloca a construção civil em evidência mundial quanto a críticas e análises pormenorizadas, devido ao consumo desenfreado de recursos quando comparada a outras indústrias. Para combater tal problemática, a sustentabilidade tem sido o foco de muitos governantes, que buscam a solução através da tecnologia e do conhecimento acumulado nos últimos anos.

Em vista disso, a metodologia aplicada para a realização do trabalho foi exclusivamente uma análise bibliográfica qualitativa de caráter descritivo, buscando identificar soluções para a problemática em questão, aplicadas mundialmente e como as mesmas poderiam impactar no cenário brasileiro. Assim, foram realizadas análises através de livros, artigos, *sites*, monografias e notícias.

3.2 ETAPAS DE PESQUISA

O presente trabalho teve seu desenvolvimento dividido em etapas para a revisão bibliográfica, sendo elas:

- Apresentação do panorama ambiental com relação aos impactos gerados pela construção civil;
- Proposições sustentáveis para o exercício da construção civil.

Na primeira etapa buscou-se identificar os principais impactos pelos quais a construção civil é responsável, como: utilização exacerbada de recursos minerais; poluição e consumo de água. Além disso, apresentou-se as problemáticas brasileiras que são agravantes desse cenário encontrado, como: mão de obra desqualificada; falta de uma gestão adequada de obras; omissão do setor público. Por fim, buscou-se proposições que poderiam ser soluções de uma forma mais ampla, interconectando as problemáticas que possuíam resoluções semelhantes ou próximas.

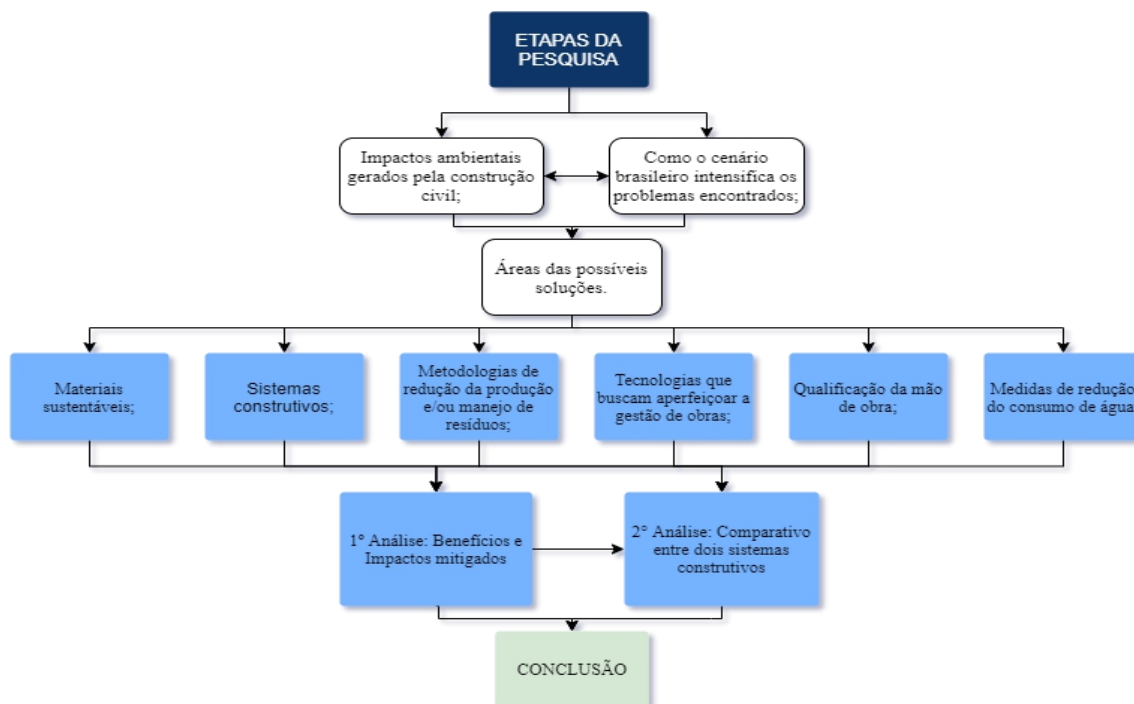
3.3 ANÁLISE DE DADOS

A partir dos dados encontrados, foi possível verificar a conexão entre as problemáticas e subdividir a análise da seguinte forma:

- Materiais sustentáveis;
- Sistemas construtivos;
- Metodologias de redução da produção e/ou manejo de resíduos;
- Tecnologias que buscam aperfeiçoar a gestão de obras;
- Qualificação da mão de obra;
- Medidas de redução do consumo de água.

Isso possibilitou analisar o problema de uma maneira mais ampla e sugerir medidas para acabar ou mitigar com os impactos ambientais gerados. Em seguida, como forma de ampliar a análise dos dados foi executado um comparativo econômico e ambiental, sendo mais aprofundada a análise ambiental entre dois sistemas construtivos usuais na construção civil brasileira: Alvenaria Convencional e *Light Steel Frame*. Segue Figura 24.

Figura 24 - Etapas da Pesquisa



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.4 FUNDAMENTAÇÃO DOS RESULTADOS

A revisão bibliográfica utilizada para embasamento e elaboração dos resultados abordou como o consumo de materiais pela construção civil pode gerar gases de efeito estufa, como também produzir uma grande quantidade de resíduos. Desta forma, buscou-se materiais que apresentariam uma menor pegada ambiental, como por exemplo, o concreto e os tijolos mais ecológicos, produzidos com material reciclado. Em seguida, foram analisados os sistemas construtivos. Com o objetivo de diminuir a geração de impactos, buscou-se tecnologias que trariam eficiência, menor consumo de materiais e geração de resíduos. Dentre as tecnologias foram propostas: parede de concreto moldada *in loco*, construção modular, estrutura e vedação em pré-fabricados de concreto, alvenaria estrutural, *Light Steel Frame* e impressão 3D. Para a geração de resíduos foram consideradas medidas de redução por procedimentos para manejo de resíduos de Classe A, aplicação do princípio dos 5R's, utilização de uma logística reversa para resíduos como o gesso; a gestão de resíduos por pequenos geradores, entre outros. Além destas questões, foram analisadas as inovações tecnológicas e medidas de qualificação dos trabalhadores da construção civil, podendo assim desenvolver o planejamento e o gerenciamento adequado das obras, como o uso de ferramentas do *Building Information Modeling* (BIM), o conceito de construção enxuta; as necessidades relacionadas à qualificação de mão de obra; as estratégias para implementação de inovações em municípios e treinamento junto as instituições. Quanto ao consumo exacerbado de água, foram propostas técnicas que possibilitam a redução do consumo e do desperdício, como por exemplo, uso racional, utilização de água de chuva e água cinza. Com base nesta compilação de dados da literatura, foi realizada uma análise comparativa entre o sistema construtivo convencional e o *Light Steel Frame*, considerando as ações sustentáveis e os impactos ambientais gerados em cada um.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No decorrer da realização deste trabalho foi possível identificar diferentes estratégias e técnicas mitigadoras que possibilitariam a redução ou, até mesmo, a anulação do impacto ambiental produzido pela construção civil. Além disso, foi possível analisar como o cenário brasileiro intensifica os danos dos impactos ambientais e quais as melhores medidas para reduzir esses agravantes. As estratégias se dividiram em: materiais; sistemas construtivos; resíduos; gerenciamento de obra; mão de obra; medidas de redução do consumo de água. A partir de soluções coordenadas ficou claro que é possível trazer uma redução muito mais ampla e consistente, partindo da adoção dessas técnicas ou ações nas empresas de construção.

Como resultado do levantamento bibliográfico realizado neste trabalho, serão apresentados os resumos dos benefícios trazidos de cada estratégia pesquisada e os impactos mitigados; em seguida, também será apresentado um comparativo econômico e ambiental entre dois sistemas construtivos: Alvenaria Convencional e *Light Steel Frame*.

4.1 BENEFÍCIOS E IMPACTOS MITIGADOS

Segue o Quadro 5 que apresenta o resumo de todas as soluções estudadas em relação aos materiais sustentáveis.

Quadro 5 - Propostas de Materiais Sustentáveis

Material	Descrição	Benefícios	
		Benefícios Diretos	Impacto Mitigado
CPIII e CPIV	Comparado a outros cimentos.	*1	**2
Concreto Ecológico	Reutiliza RCC.	*1 Redução do consumo de cimento; pode haver diminuição dos custos.	**2 Geração de resíduos. Consumo de água.
Tijolo Ecológico	Mistura de solo e cimento.	*1 Evita desmatamentos; menor tempo de execução quando comparado aos sistemas tradicionais com argamassa; pode haver diminuição dos custos por não utilizar argamassa.	**2 Geração de resíduos. Consumo de água.
Bloco com material reciclado	Reutiliza RCC.	*1 Redução do consumo de cimento; evita desmatamentos; pode haver diminuição dos custos; possibilita a utilização de gesso como insumo.	**2 Geração de resíduos. Consumo de água.

Fonte: Elaborada pelo autor.

¹ = Redução na emissão de gases de efeito estufa. ² = Aquecimento Global.

Fica claro como a aplicação de materiais que agregam sustentabilidade podem colaborar tanto para o quesito econômico quanto ambiental. A seguir será apresentado o Quadro 6, referente aos sistemas construtivos.

Quadro 6 - Sistemas Construtivos

Sistemas Construtivos	Benefícios	
	Benefícios Diretos	Impacto Mitigado
Parede de Concreto Moldada <i>in Loco</i> .	Eficiência; diminuição de etapas; menor desperdício; pode reduzir custos.	Geração de resíduos.
Construção Modular (Sistema altamente industrializado, principalmente quando não utiliza blocos de concreto, e sim conjuntos inteiros de casas e quartos).	*1 Eficiência; entrega de resultados mais rapidamente; menor desperdício; pode reduzir custos.	**2 Geração de resíduos. Consumo de água. Poluição sonora, visual e do ar.
Estrutura e vedação em Pré-fabricados de Concreto.	Eficiência; menor desperdício; entrega de resultados mais rapidamente; pode reduzir custos.	**2 Geração de resíduos. Consumo de água. Poluição sonora, visual e do ar.
Alvenaria Estrutural	Eficiência e redução dos prazos de execução; menor desperdício; pode reduzir custos.	**2 Geração de resíduos. Consumo de água. Poluição sonora e visual.
<i>Light Steel Frame</i>	*1 Eficiência; entrega de resultados mais rápida; menor desperdício; materiais altamente recicláveis; alívio de carga nas fundações; pode reduzir custos.	**2 Geração de resíduos. Consumo de água. Poluição sonora, visual e do ar.
Impressão 3D na Construção Civil	Menor desperdício Se for utilizado material diferente do cimento, como terra: *1 Pode reduzir custos.	Geração de resíduos. Poluição sonora, visual e do ar. Se for utilizado material diferente do cimento, como terra: **2.

Fonte: Elaborada pelo autor.

¹ = Redução na emissão de gases de efeito estufa. ² = Aquecimento Global.

Como se pode perceber, cada sistema construtivo apresentado possui suas vantagens, e a mitigação dos impactos ambientais é diferente em cada um. Com isso em mente, é fundamental que o engenheiro, ao decidir pelo sistema construtivo, deve levar em conta não apenas o custo, mas sim, um sistema que alie este fator aos materiais disponíveis na região e ao tempo de execução. O principal objetivo deve ser a redução de resíduos, pois este se apresenta como o principal impacto gerado pela construção civil. Em segundo plano, a

redução do concreto, o que diminui o consumo de água e a emissão de CO₂ e, a partir daí, os outros problemas diretos e indiretos gerados pelo setor da construção.

A seguir será apresentado o Quadro 7 que retrata ações voltadas à redução ao máximo da geração de resíduos.

Quadro 7 - Propostas para redução e/ou manejo de resíduos

Proposição Sustentável	Benefícios	
	Benefícios Diretos	Impacto Mitigado
5R's	Estimula as boas práticas, pensamento racionalizado; pode gerar empregos; pode reduzir custos; menor desperdício *1	**2 Geração de resíduos. Consumo de água. Poluição do solo, da água e do ar.
Procedimentos para Manejo de Resíduos Classe A em Obra	Estimula às boas práticas; pensamento racionalizado; pode reduzir custos; menor desperdício. *1	**2 Geração de resíduos. Consumo de água. Poluição do solo, da água e do ar.
Logística Reversa e Logística Reversa para resíduos de gesso.	Estimula às boas práticas, pensamento racionalizado; pode reduzir custos; menor desperdício; pode gerar empregos. *1	**2 Geração de resíduos. Consumo de água. Poluição do solo, da água e do ar.
Gestão e Manejo de Resíduos de Pequenas Obras	*1 Estimula às boas práticas e o pensamento racionalizado; pode gerar empregos; menor desperdício. Além disso, devido à diminuição do descarte irregular de pequenas obras, também ocorre redução de agentes transmissores de doenças, o que traz benefícios à saúde pública.	**2 Geração de resíduos. Consumo de água. Poluição do solo, da água e do ar.

Fonte: Elaborada pelo autor.

¹ = Redução na emissão de gases de efeito estufa. ² = Aquecimento Global.

Um ponto importante que pode ser percebido, além da redução da geração de resíduos, é a possibilidade de fazer dinheiro, gerar emprego, ou seja, dinamizar a economia. Hoje, grande parte do RCC é descartado irregularmente, o que acarreta em poluição e até mesmo doenças para a sociedade. Percebe-se, assim, que é fundamental uma conscientização da população; um poder público atuante e responsável que incentive, regule e fiscalize; e um setor de construção civil que esteja aberto a novos processos e maneiras de trabalhar.

A seguir será apresentada o Quadro 8 que traz temas relacionados ao gerenciamento de obras, visando os benefícios em termos de sustentabilidade à construção civil.

Quadro 8 - Gerenciamento de Obra

Proposta	Benefícios	
	Benefícios Diretos	Impacto Mitigado
<i>Building Information Modeling (BIM)</i>	Alto grau de precisão do cronograma, os custos e as etapas construtivas. Estimula o pensamento racionalizado; pode reduzir custos; menor desperdício.	**1 Geração de resíduos. Consumo de água. Poluição do solo, da água e do ar.
Construção Enxuta	Estimula o pensamento racionalizado, pode reduzir custos; menor desperdício.	**1 Geração de resíduos. Consumo de água. Poluição do solo, da água e do ar.

Fonte: Elaborada pelo autor.

¹ = Aquecimento Global.

O gerenciamento e o adequado planejamento mostram-se fundamentais em quesitos econômicos, para haver redução dos custos, menor necessidade de retrabalho e pela própria necessidade que o mercado está impondo sobre as empresas, além disso, há também o quesito ambiental.

Através do gerenciamento é possível diminuir a geração de resíduos pelo seu manejo correto e pela compra precisa de materiais, diminuindo perdas. Outro ponto é que possibilita a escolha do sistema construtivo mais adequado à obra, o que também implica em menores impactos. No Quadro 9, apresentar-se-á como a qualificação da mão de obra pode mitigar os impactos ambientais.

Quadro 9 - Mão de Obra

Proposta	Benefícios	
	Benefícios Diretos	Impacto Mitigado
Estratégias de Implementação de cursos profissionalizantes para Municípios	Estimula o pensamento racionalizado; pode reduzir custos; menor desperdício; melhora na colocação profissional; melhora a renda de famílias.	Geração de resíduos. Consumo de água. Poluição do solo, da água e do ar.
Ensino com novas tecnologias	Estimula o pensamento racionalizado; pode reduzir custos; menor desperdício; melhora na colocação profissional; melhora a renda de famílias.	Geração de resíduos. Consumo de água. Poluição do solo, da água e do ar.

Fonte: Elaborada pelo autor.

A mão de obra, como já apresentado, é um dos insumos mais importantes presentes na economia da construção civil.

Diversos desperdícios estão ligados à falta de qualificação da mão de obra, que muitas vezes possui um aprendizado extremamente simples e sem a teoria correta, o que tende a perpetuar conceitos e formas de trabalhar inadequados. Com isso em mente, fica simples identificar a necessidade de se desenvolver estratégias que venham a profissionalizar mais os operários da construção, o que traz resultados sociais, econômicos e ambientais.

Por último, serão abordadas as técnicas (Quadro 10) que mitigam o consumo exacerbado de água.

Quadro 10 - Consumo de água

Proposta	Benefícios		
	Benefícios Diretos	Aplicações	Impacto Mitigado
Reuso de água	Pode reduzir custos; menor desperdício.	Limpeza, cura do concreto, testes hidráulicos e etc.	Consumo de água.
Água de chuva	Pode reduzir custos; menor desperdício.	Limpeza, cura do concreto, testes hidráulicos e etc.	Consumo de água.
Uso Racional	Pode reduzir custos; menor desperdício; estimula o pensamento racionalizado.	Toda cadeia da construção civil.	Consumo de água.

Fonte: Elaborada pelo autor.

O consumo de água, um dos impactos mais severos devido à construção civil, pode ser mitigado por simples técnicas que garantiriam o exercício e o desenvolvimento mais sustentável deste setor.

Como já apresentado, se houver uma diminuição do consumo de concreto, o que pode ocorrer alterando-se o sistema construtivo, há uma grande diminuição na utilização de água. Em conjunto a isso, pode-se utilizar medidas como o reuso da água, a água de chuva e por último, mas não menos importante, estimular o uso racional da mesma, fazendo-se, desta forma, uma união entre sistema construtivo e medidas de mitigação. Com isso, o consumo de água durante as etapas de construção pode chegar a valores muito inferiores aos registrados atualmente.

Entende-se que, após o conhecimento das estratégias ora apresentadas, bem como dos benefícios a serem introduzidos no setor de construção civil, sua aplicação se tornará natural e permanente, visando um futuro mais sustentável para as futuras gerações.

A seguir, com o objetivo de desenvolver a pesquisa, foi executado um comparativo econômico e ambiental entre dois sistemas construtivos: Alvenaria Convencional e *Light Steel Frame*. Desta forma, pode-se constatar e ampliar o estudo feito no Quadro 6 (sistemas construtivos) com relação à análise ambiental. Contribui ainda com a análise econômica de

ambos, o que permite verificar se, apesar das diferenças ambientais, há aplicabilidade de custos de outros métodos construtivos quando comparados ao Sistema Convencional.

4.2 COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS CONSTRUTIVOS

No comparativo entre a Alvenaria Convencional e o *Light Steel Frame*, foi verificada a diferença econômica e ambiental entre os dois sistemas. Para o aspecto econômico, como forma de completar a análise, serão utilizados os dados de um estudo realizado por Meneghel e Dare (2017).

Para sua pesquisa foi utilizada uma residência de 122,16 m², que teve seus quantitativos levantados e cotados no mercado para os dois sistemas construtivos. O custo total para a realização da obra por meio do *Light Steel Frame* foi de R\$ 160.441,64 e de R\$ 147.766,06 para a Alvenaria Convencional. Segue Quadro 11.

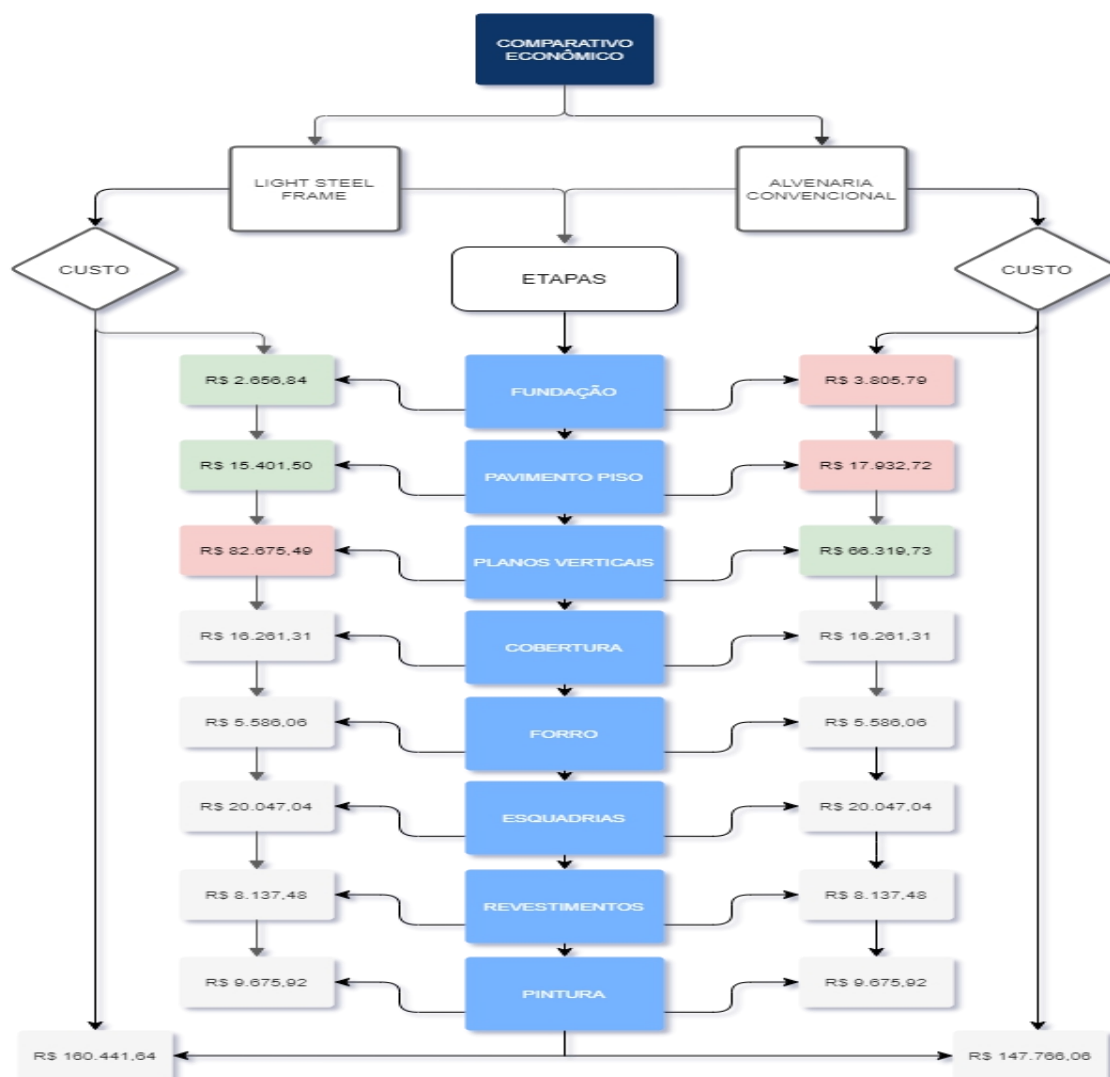
Quadro 11 - Custos diretos globais

SISTEMA CONSTRUTIVO	ÁREA (m ²)	CUSTO DIRETO TOTAL	CUSTO DIRETO UNITÁRIO
		R\$	R\$/m ²
<i>Light Steel Frame</i>	122,16	160.441,64	R\$ 1.313,37
Blocos Convencionais	122,16	147.766,06	R\$ 1.209,61

Fonte: Adaptado de Meneghel; Dare (2017).

Para melhor compreensão da diferença de valores foi elaborado um fluxograma que apresenta a comparação econômica por etapas da construção. (Figura 25).

Figura 25 - Comparativo econômico



Fonte: Adaptado de Meneghel; Dare (2017).

Como fica claro, a partir da Figura 25, as etapas iniciais, fundação e pavimentação piso, apresentaram maior custo para o Sistema Convencional, uma vez que o mesmo apresenta uma estrutura mais pesada, composta por blocos e concreto; desta forma, sua fundação deve apresentar uma maior resistência, aumentando os custos.

Para os planos verticais, que seriam a estrutura e os fechamentos, foi possível notar um valor mais alto para o sistema *Light Steel Frame*. Esse dado já era de se esperar, uma vez que o custo do seu material é superior, sendo este um dos principais motivos para que o sistema não seja largamente utilizado no Brasil.

Com relação às outras etapas, cobertura, forro, esquadrias, revestimentos e pintura, não houve variação, pois as mesmas, para o referido estudo, foram consideradas iguais em ambos os sistemas construtivos. Segue a Figura 26 que apresenta o comparativo ambiental.

Figura 26 - Comparativo ambiental



Fonte: Elaborada pelo autor.

O *Light Steel Frame*, como apresentado no comparativo econômico, mostra-se apresentar um valor maior em sua totalidade; em certa medida isso se deve ao fato de que a mão de obra deve ser mais qualificada. Apesar deste fator, traz resultados mais positivos para o sistema que, ao aplicar maior qualidade e planejamento, diminui as possíveis falhas e retrabalhos, reduzindo o desperdício, algo tão comum para a Alvenaria Convencional.

Como o RCC está ligado aos diferentes tipos de impacto ambiental, como já citado, a sua menor geração é de significativa importância para tornar um sistema construtivo mais sustentável; não apenas isso, mas o *Light Steel Frame*, por ser uma construção a seco, utiliza

uma parcela muito menor de água, tornando-o um sistema mais “verde” e um dos melhores substitutos, quando possível, da Alvenaria Convencional.

5 CONCLUSÃO

A partir da realização deste estudo, ficou claro como a origem dos impactos ambientais está interligada a inúmeros fatores e que, para uma solução consistente, seria necessária a aplicação de soluções conjuntas nas diversas áreas apontadas na pesquisa, como: aplicação de tecnologias; manejo de recursos; gerenciamento e controle de obras; utilização de materiais mais ecológicos; qualificação e conscientização dos trabalhadores.

A pesquisa possibilitou a divulgação de temas extremamente importantes, como sustentabilidade e aquecimento global. Além disso, verificou-se como a sustentabilidade pode ser atingida a partir de medidas simples, e que esse tema deve ser o foco central das construtoras.

Quanto ao tema do aquecimento global, que seria o resultado mais amplo da ação inconsequente de diversos setores da economia, este encontra-se fortemente à ação da construção civil. Ficou evidente que o uso de materiais mais adequados possibilita a redução da emissão de gases de efeito estufa, conseqüentemente, do avanço do aquecimento global.

Foi possível verificar ainda que o manejo dos resíduos pode até mesmo gerar empregos, o que, além da economia e do meio ambiente, melhora o aspecto social de muitas pessoas.

Por fim, conclui-se que este trabalho cumpriu com o objetivo de trazer mais conhecimentos, ideias e sugestões, buscando reduzir o impacto da construção civil, reduzir custos e tornar as construções mais acessíveis e sustentáveis para todos. Logo, para que se tenha uma economia forte e com potencial de crescimento, necessita-se de uma construção civil saudável, que seja capaz de fornecer os meios para o desenvolvimento. Contudo, a sustentabilidade deve ser o parâmetro principal, e nortear as tomadas de decisões.

5.1 TRABALHOS FUTUROS

Por se tratar de um estudo de levantamento bibliográfico, sugere-se que para futuros trabalhos ocorra uma atualização com as novas tecnologias, inovações e estudos disponíveis no mercado. Além disso, é possível desenvolver uma pesquisa prática aplicando conceitos de estudos presentes nesta pesquisa como forma de demonstrar sua eficiência e aplicabilidade em mais obras.

REFERÊNCIAS

- ABREU, R. M. *et al.* Bloco de vedação com entulho. *In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION*, 2., 2009, São Paulo. **Anais eletrônicos** [...]. São Paulo: UNIP, 2009. Disponível em: <http://www.advancesincleanerproduction.net/second/files/sessoes/4a/2/R.%20M.%20Abreu%20-%20apresentacao.pdf>. Acesso em: 07 out. 2019.
- ARAÚJO, M. A. **A moderna construção sustentável**. 2008. Disponível em: http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17293/material/A_moderna_construcao_sustentavel.pdf. Acesso em: 01 out. 2019.
- ARÊAS, D. **Descrição do processo construtivo de parede de concreto para obra de baixo padrão**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10006241.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10.004**: resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 11172**: aglomerantes de origem mineral: classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 1990.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15113**: resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: aterros: diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15527**: água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16697**: cimento Portland: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- AZEVEDO, C.; VALLE, V. G. **Proposta de implantação de sistema de reuso de água pluvial para uso em um lava rodas**. 2012. Monografia (Especialização em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Belo Horizonte, Belo Horizonte, 2012.
- BALDISSARELLI, B. *et al.* Uso da alvenaria estrutural com a racionalização como ferramenta para a redução de resíduos. *In: FÓRUM INTERNACIONAL ECOINOVAR*, 5., 2016, Rio Grande do Sul. **Anais eletrônicos** [...]. Rio Grande do Sul: PUCRS, 2016. Disponível em: <http://ecoinovar.com.br/cd2016/arquivos/artigos/ECO1128.pdf>. Acesso em: 21 maio 2019.
- BARBOSA, M. T. G.; SANTOS, W. J. dos; FERREIRA, I. C. de A. Concreto ecológico. **Principia**: Caminhos da Iniciação Científica, [s.l.], v. 16, p. 27–35, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/principia/article/view/25472>. Acesso em: 19 mar. 2020.

BRAGA, A.; ROCHETA, V. A construção em terra e a sustentabilidade. *In*: SEMINÁRIO DE ARQUITETURA EM TERRA, 5., 2007, Aveiro. **Anais eletrônicos** [...]. Aveiro: UALG, 2007. Disponível em: <https://sapientia.ualg.pt/bitstream/10400.1/80/1/BRACon.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2019

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências**. Brasil: Conselho Nacional de Recursos Hídricos, 2005.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental**. Brasil: Conselho Nacional de Recursos Hídricos, 1986.

BRASIL. Lei nº 6.938. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. Brasil: Leis Ambientais, 1981.

BRASIL. Senado Federal. **Senado verde**. Brasília: Senado Federal, 2007. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/institucional/programas/senado-verde/sobre-o-senado-verde/sobre-o-senado-verde>. Acesso em: 15 abr. 2020.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção civil e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica [online]**, São Paulo, v. 61, n.358, p.178-189, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/principia/article/view/25472>. Acesso em: 17 mar. 2020.

CALDAS, N. A importância da qualificação da mão de obra. **Sebrae**, 26 set. 2017. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/a-importancia-da-mao-de-obra-qualificada,3b03438af1c92410VgnVCM100000b272010aRCRD>. Acesso em: 12 out. 2019.

CARDOSO, F. F. *et al.* **Capacitação e certificação profissional na construção civil e mecanismos de mobilização de demanda**. São Paulo: USP / EPUSP; ABRAMAT; OIT, 2007. Disponível em: http://www.pcc.usp.br/files/text/personal_files/francisco_cardoso/poli_abramat.pdf. Acesso em: 20 jun. 2020.

CAMPOS, A. S. O que é o light steel framing. **Fórum da Construção**. 2012. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=29&Cod=85>. Acesso em: maio. 2019.

CARITA, V. B. **Proposição de estratégias e instrumentos para a gestão de resíduos da construção civil no município de rio claro/sp**. 2019. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2019.

CASADO, M. *Green Buildings*, antes tarde do que nunca. **Cimento Itambé**. 2010. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/green-buildings-antes-tarde-do-que-nunca/#>. Acesso em: 19 jun. 2020.

CASTELO, J. L. D. C. **Desenvolvimento de modelo conceptual de sistema construtivo industrializado leve destinado à realização de edifícios metálicos**. 2008. Dissertação (Mestrado em Construção de Edifícios) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto. 2008.

CEOTTO, L. H. Falta de inovações e atraso na adoção de novas tecnologias na construção. **Buildin: construção & informação**, 20 abr. 2017. Disponível em: <https://www.buildin.com.br/falta-de-inovacao-e-atraso-na-adocao-de-novas-tecnologias-na-construcao/>. Acesso em: 07 ago. 2019.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Sondagem especial: falta de trabalhador qualificado na indústria da construção**. 2013. Disponível em: http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_18/2013/11/07/5357/20131107105114553509e.pdf. Acesso em: 07 jun. 2019.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. **Posicionamentos**. São Paulo: CBCS, 2009. Disponível em http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/posicionamentos/CBCS_CTAgua_Posicionamentos_Aproveitamento%20de%20fontes%20alternativas%20de%20agua%20em%20edificios.pdf. Acesso em: 20 out. 2019.

COSTA, P. G. S. **Análise das viabilidades técnica, econômica e sustentável do bloco de concreto convencional em comparação com o bloco de concreto reciclável**. 2017. Trabalho de Conclusão de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário de Formiga, Formiga/MG, 2017.

DIAS, L. Cervejaria Ambev constrói maior obra modular industrializada da América Latina em parceria com empresa catarinense. **Notisul**, Tubarão, 3 jul. 2019. Disponível em: <https://notisul.com.br/geral/148855/cervejaria-ambev-constroi-maior-obra-modular-industrializada-da-america-latina-em-parceria-com-empresa-catarinense>. Acesso em: 6 jul. 2019.

EVANGELISTA, P. P. A.; COSTA, D. B.; ZANTA, V. M. Alternativa sustentável para destinação de resíduos de construção classe A: sistemática para reciclagem em canteiros de obras. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n.3, p. 23-40, jul./set. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ac/v10n3/a02.pdf>. Acesso em: 22 maio 2020.

FADINI, P. S.; FADINI, A. A. B. Lixo: desafios e compromissos. **Cadernos temáticos Química Nova na Escola**, [s.l.], v.1, n.1, p. 9-18, maio 2001.

FARIAS, T. A proteção do meio ambiente e a garantia do desenvolvimento econômico. **Conjur**, 4 maio 2019. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2019-mai-04/ambiente-juridico-protecao-meio-ambiente-desenvolvimento-economico#sdfootnotel1sym>. Acesso em: 07 jun. 2019.

FIGUEIREDO, R. F. **Possibilidades sustentáveis para a adaptação de contêineres para o uso habitacional e corporativo**. 2012. Monografia (Especialização em Mudanças Climáticas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

CAMPOS FILHO, A. S. de. **Treinamento a distância para mão-de-obra na construção civil**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

LOMBARDI FILHO, P. **Modelo de destinação de resíduos da construção civil baseado na análise da infraestrutura e legislação do município de São Paulo**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

FLORÊNCIO, E. Q., SEGUNDO, D. B. F.; QUINTELLA, I. P. C. P. O futuro do processo construtivo: a impressão 3d em concreto e seu impacto na concepção e produção da arquitetura. *In*: CONGRESO DE LA SOCIEDAD IBERO-AMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, 20., 2016, Buenos Aires. **Anais eletrônicos** [...]. Buenos Aires: SIGRADI, 2016. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/designproceedings/sigradi2016/441.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2020.

FUJIMOTO, A. *et al.* Educação na qualificação profissional da construção civil. **Revista Ciência em Extensão**, Campinas, v.8, n.3, p.294-302, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277063969_Educacao_na_qualificacao_profissional_da_construcao_civil. Acesso em: 10 mar. 2020.

FULL ESTRUTURAS. **O sistema construtivo light steel framing**, 2016. Disponível em: <http://fullestruturas.com.br/o-sistema-construtivo-light-steel-framing/>. Acesso em: 12 abr. 2019.

GLOBALTEC. **Construção modular**: conheça essa tendência que irá transformar o mercado de construção civil, 2019. Disponível em: <https://www.globaltec.com.br/2019/04/09/construcao-modular-conheca-essa-tendencia-que-ira-transformar-o-mercado-de-construcao-civil/>. Acesso em: 25 maio 2019.

GOMES, D. L. B.; MAGALHÃES, V. B. de S. Análise de aspectos e impactos ambientais causados pela construção civil. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS, 3., 2018, Campina Grande. **Anais eletrônicos** [...]. Pernambuco: Realize, 2018. Disponível em: http://editorarealize.com.br/revistas/conapesc/trabalhos/TRABALHO_EV107_MD1_SA28_ID407_30052018075452.pdf. Acesso em 25 jul. 2019

GUERREIRO, A. Q. **Avaliação do ciclo de vida dos cimentos de produção mais significativa no Brasil**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

HESPANHOL, I. Um novo paradigma na gestão de recursos hídricos. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 131-158, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200009>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200009&lng=en&nrm=iso. Acesso em 19 mar. 2020.

HONÓRIO, D. E. **A qualidade de vida do operário da construção civil e sua importância na qualidade e produtividade em obras**. 2002. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

IBRACON. Sistemas construtivos: paredes de concreto, alvenaria estrutural e pré-fabricados de concreto. **Revista 99**, São Paulo, 2018. Disponível em: http://ibracon.org.br/Site_revista/Concreto_Construcoes/pdfs/revista90.pdf. Acesso em: 10 maio 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO DA ARQUITETURA - IBDA. **Light steel framing, versatilidade, rapidez na montagem e um excelente acabamento**, 2012. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=8&Cod=484>. Acesso em: 10 maio 2019.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Lixões em Capivari**, 2016. Disponível em: http://www.ipt.br/noticias_interna.php?id_noticia=1048. Acesso em: 9 abr. 2019.

BATISTA JUNIOR, V. J.; ROMANEL, C. Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 27-37, 2013. <https://doi.org/10.7213/urbe.05.002.SE02>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2175-33692013000200004&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 28 jun. 2020.

KOCHEM, K. **Potencialidades de logística reversa do resíduo de gesso da indústria da construção civil**. 2016. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2016.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford: Stanford University, 1992.

KUREK, J. *et al.* Implantação dos princípios da construção enxuta em uma empresa construtora. **Revista de Arquitetura IMED**, Passo Fundo, v. 2, n.1, p. 20-36, 2013. <https://doi.org/10.18256/2318-1109/arqimed.v2n1p20-36>. Disponível em: <https://seer.imed.edu.br/index.php/arqimed/article/view/472>. Acesso em: 20 mar. 2020.

LACERDA, B. V. **Projeto de casa contêiner utilizando conceitos ambientalmente sustentáveis**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

LADEIRA, R.; VERA, L. A. R.; TRIGUEIROS, R. E. Gestão dos resíduos sólidos e logística reversa: um estudo de caso em uma organização do setor de construção civil. **Revista Gestão & Planejamento**, Salvador, v. 15, n. 2, p. 283-304, jul. 2014. Disponível em: <https://revistas.unifacs.br/index.php/rgb/article/view/2563/2299>. Acesso em: 11 mar. 2020.

LEÃO, M. V. M. **Análise da qualificação da mão de obra no setor da construção civil na cidade de dourados**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

LEITE, J. C. P. S.; REIS NETO, M. T. Meio ambiente e os embates da construção civil. **Construindo**, Belo Horizonte, v. 6, n. 2, p. 40-49, jul./dez. 2014. Disponível em: <http://revista.fumec.br/index.php/construindo/article/view/2766>. Acesso em: 13 abr. 2020.

LINCK, F. *et al.* Alvenaria estrutural: eficiência construtiva nas habitações de interesse social. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA PUCRS, 12., 2011, Rio Grande do Sul. **Anais eletrônicos** [...]. Rio Grande do Sul: PUCRS, 2011. Disponível em: <http://editora.pucrs.br/anais/SIC/XII/XII/7/2/2/2.pdf>. Acesso em: 21 maio 2019.

LM PRÉ-MOLDADOS. **Casa cubo**, 2019. Disponível em: <http://www.lmpremoldados.com.br/wp/obras/obras-sistemas-construtivos/casas-pre-moldadas/>. Acesso em 18 abr. 2020.

LOPES, G. T. F. **Exploração das possibilidades da impressão 3d na construção**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Porto, Porto, 2016.

LORETTO, W. A. **Estudo sobre economia de água em construções através de métodos de construção a seco e reuso da água em canteiros de obra**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2018.

LORENCETO, D. Sistemas construtivos: tudo o que você precisa saber sobre paredes de concreto moldadas in loco. **Engenharia 360**, 28 fev. 2018. Disponível em: <https://engenharia360.com/sistemas-construtivos-tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-paredes-de-concreto-moldadas-in-loco/>. Acesso em: 13 out. 2019.

LUCHEZZI, C.; TERENCE, M. C. Logística reversa aplicada na construção civil. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, v. 13, n. 1, p. 144-160, dez. 2013. Disponível em: <http://editorarevistas.mackenzie.br/index.php/rmec/article/view/6458/5103>. Acesso em: 28 jul. 2020.

LUPINO, G. A impressora 3D que constrói uma casa inteira em apenas 24 horas (e por um preço abaixo do convencional). **The Grennest Post**, Rio de Janeiro, 9 mar. 2017. Disponível em: <https://thegrennestpost.com/em-apenas-24-horas-esta-impressora-3d-russa-constroi-uma-casa/>. Acesso em: 15 maio 2019

MACHADO, A. O.; ARAÚJO, J. A. Avaliação de tijolos ecológicos compostos por lodo de ETA e resíduos da construção civil. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 11., 2014. **Anais eletrônicos** [...]. Rio de Janeiro: UNIFOA, 2014. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos14/41220411.pdf>. Acesso em: 15 maio 2019.

MARCONDES, C. G. N. Programas de qualificação de mão de obra. **CREA-PR**, 8 abr. 2016. Disponível em: <https://www.crea-pr.org.br/ws/wp-content/uploads/2016/12/programas-de-qualificacao-de-mao-de-obra.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2019.

MARCONDES, F. C. S.; CARDOSO, F. F. Contribuição para aplicação do conceito de logística reversa na cadeia de suprimentos da construção civil. In: SIBRAGEC/I

ELAGEC, 1., 2005, Porto Alegre. **Anais eletrônicos** [...]. Porto Alegre: USP, 2005.

Disponível em:

http://www.pcc.usp.br/files/text/personal_files/francisco_cardoso/Artigo%20Marcondes%20Cardoso%20LogReversa%20Sibragec%202005.pdf. Acesso em: 26 ago. 2019.

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, dez. 2017.

<https://doi.org/10.1590/s1678-86212017000400186>. Disponível em:

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212017000400079&lng=en&nrm=iso)

[86212017000400079&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212017000400079&lng=en&nrm=iso). Acesso em 18 abr. 2020.

MARQUES, J. R. Conceito de planejamento: o que é e como funciona. **Blog do JRM**. 19 dez. 2017. Disponível em: <https://www.jrmcoaching.com.br/blog/conceito-de-planejamento-o-que-e-e-como-funciona/>. Acesso em: 14 maio 2019.

MENDES, T. A. *et al.* Parâmetros de uma pista experimental executada com entulho reciclado. *In*: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 35., out. 2004, Rio de Janeiro.

Anais eletrônicos [...]. Rio de Janeiro: ABPV, 2004. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/334786339_Parametros_de_uma_pista_experimental_executada_com_entulho_reciclado. Acesso em: 15 jun. 2019.

MENEGHEL, G.; DARE, M. E. Comparativo de custos diretos entre os sistemas construtivos light steel framing e concreto armado com vedação em blocos cerâmicos e em blocos de concreto celular autoclavado. **Revista Técnico-Científica de Engenharia Civil**, Florianópolis, v.1, n.1, p.1-16, jul. 2017.

MORAES, P. T. A.; LIMA, M. G. Levantamento e análise de processos construtivos industrializados sob a ótica da sustentabilidade e desempenho. *In*: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS GRADUAÇÃO, 15., 2009, São José dos Campos.

Anais eletrônicos [...]. São Paulo: ITA, 2009. Disponível em:

<http://www.bibl.ita.br/xvencita/CIVIL04.pdf>. Acesso em 31 out. 2019

MOHAMED, G. *et al.* **Construção em alvenaria estrutural**. São Paulo: Blucher, 2015.

MOTTA, J. C. S. S. *et al.* Tijolo de Solo-cimento: análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis. **Revista e-xacta**. Belo Horizonte, v. 7, n.1, p. 13-26, jul. 2014. Disponível em:

<http://revistas.unibh.br/index.php/dcet/article/view/1038/665>. Acesso em: 07 out. 2019.

MULLER, L. **Utilização da tecnologia BIM integrado a planejamento 4D na Construção Civil**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

O GLOBO. **Marriott planeja erguer o hotel modular mais alto do mundo em Manhattan**, 2019. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/marriott-planeja-erguer-hotel-modular-mais-alto-do-mundo-em-manhattan-23611250>. Acesso em: 19 maio 2019.

OLIVEIRA, C. A. S.; GOUVEIA, L. L. A.; TEIXEIRA, R. L. P. Concreto estrutural com adição de fibras vegetais. **Construindo**, Belo Horizonte, v. 6, n. 2, p. 14-20, jul./dez. 2014. Disponível em: <http://revista.fumec.br/index.php/construindo/article/view/2762>. Acesso em: 25 ago. 2020.

OLIVEIRA, T. **Estudo sobre o uso de materiais de construção alternativos que otimizam a sustentabilidade em edificações**. 2015. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

PACHECO, R. F. R. **Estudo sobre a utilização das escórias de aciaria LD naturais ou modificadas para substituição parcial do cimento ou como adição ao clínquer**. 2017. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

PATINHA, S. M. P. A. **Construção modular: desenvolvimento da ideia: casa numa caixa**. 2011. Dissertação (Mestrado em engenharia civil) – Universidade de Aveiro, Aveiro, 2011.

PERETTI, L. C. *et al.* Princípios de construção enxuta em empresas de pequeno porte em Guarulhos (SP). **Revista Organizações em Contexto**, São Paulo, v. 12, n. 23, p.261-285, jan./jun.2016.

PETRONILHO, E. Parede de concreto: acerte de primeira. **Blog da Liga**, 19 jan. 2018. Disponível em: <https://blogdaliga.com.br/parede-de-concreto-acerte-de-primeira/>. Acesso em: 10 maio 2019.

PORTAL G1. **Como a construção civil movimenta a economia e gera empregos**, 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/especial-publicitario/em-movimento/noticia/como-a-construcao-civil-movimenta-a-economia-e-gera-empregos.ghtml>. Acesso em: 8 abr. 2019.

PORTO, T. M. S. **Estudo dos avanços da tecnologia de impressão 3d e da sua aplicação na construção civil**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

PINTO, T.P.; GONZÁLES, J.L.R. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil**. Brasília: Caixa, 2005.

ROCHETA, V; FARINHA, F. Práticas de projeto e construtivas para a construção sustentável. In: CONGRESSO CONSTRUÇÃO, 3.,2015 Coimbra. **Anais eletrônicos** [...]. Coimbra: UC, 2015. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/61497704.pdf>. Acesso em: 08 out. 2019.

ROTH, C. D. G.; GARCIAS, C. M. Construção civil e a degradação ambiental. **Desenvolvimento em Questão**, v. 7, n. 13, p. 111-128, out. 2011. <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2009.13.111-128>. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/169>. Acesso em: 13 maio 2019.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X.; MORAIS, M. O ensino de BIM no Brasil: onde estamos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n.2, p. 151-165, jun. 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212013000200012>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212013000200012&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 18 maio 2019.

SALA, L. G. **Proposta de habitação sustentável para estudantes universitários**. 2006. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

SAMPAIO, A. J. de A. P. Parede de concreto em edifícios altos. *In*: CONCRETE SHOW, 6., 2012, São Paulo. **Anais eletrônicos** [...]. São Paulo: ABCP, 2012. Disponível em: http://abesc.org.br/arquivos/04Parede_concreto_edificios_altos_Alexandre_Pedral_Samp aio.pdf. Acesso em: 15 abr. 2019.

SANTOS, S. M. B. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em canteiro de obra**: edifício Varandas da Pampulha. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.

SCALONE, P. A. **Gerenciamento de resíduos de construção civil: estudo de caso em empreendimento comercial e residencial em Londrina/PR**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2013.

SCHNEIDER, D. M. **Deposições irregulares de resíduos da construção civil na cidade de São Paulo**. 2003. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SILVA, M. S. T. C. **Planejamento e controle de obras**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

SILVA, S. *et al.* Os 5 r's da sustentabilidade. *In*: SEMINÁRIO DE JOVENS PESQUISADORES EM ECONOMIA & DESENVOLVIMENTO, 5., 2017 Santa Maria. **Anais eletrônicos** [...]. Santa Maria: UFSM, 2017. Disponível em: [http://coral.ufsm.br/seminarioeconomia/images/anais_2017/OS_5_RS_DA_SUSTENTABILIDADE_OS_5_RS_DA_SUSTENTABILIDADE_OS_5_RS_DA_SUSTENTABILIDADE_OS_5_RS_DA_SUSTENTABILIDADE_OS.pdf](http://coral.ufsm.br/seminarioeconomia/images/anais_2017/OS_5_RS_DA_SUSTENTABILIDADE_OS_5_RS_DA_SUSTENTABILIDADE_OS_5_RS_DA_SUSTENTABILIDADE_OS_5_RS_DA_SUSTENTABILIDADE_OS_5_RS_DA_SUSTENTABILIDADE_OS.pdf). Acesso em: 21 maio 2019.

SILVA, S. T. Poluição visual e poluição sonora: aspectos jurídicos. **Revista de Informação Legislativa**, Brasília, v.42, n. 159, p. 161-179, jul./set. 2003. Disponível em: <http://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/881/R159-12.pdf?sequence=4>. Acesso em: 17 maio 2019.

SILVA, C. F. B. *et al.* Custo-benefício do sistema construtivo Steel Framing. *In*: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DA UNIUBE, 8., 2014 Minas Gerais. **Anais eletrônicos** [...]. Minas Gerais: UNIUBE, 2014. Disponível em:

<https://www.uniube.br/eventos/entec/2014/arquivos/resumos/resumoo10.pdf>. Acesso em: 21 maio 2019.

SILVA, R.W.C.; PAULA B.L. Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. **Terræ Didática**, Campinas, v. 5, n.1, p.42-49, jun.2009. Disponível em: <http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/>. Acesso em 12 dez. 2019.

SILVA, A. L. D.; VICIOLI JR, L. A. V.; CARNEIRO NETO, M. M. Sistema de pré-fabricados: a necessidade de habitação popular mediante uma sociedade imediatista. **Engenharia Civil**, v. 1, n.1, p.43-53, jun. 2016. Disponível em: <https://servicos.unitoledo.br/repositorio/bitstream/7574/248/1/Andr%c3%a9%20Lu%c3%ads%20da%20Silva%20-%20Luiz%20Ant%c3%b4nio%20Vicioli%20J%c3%banior%20-%20SISTEMA%20DE%20PR%c3%89-FABRICADOS-A%20NECESSIDADE%20DE%20HABITA%c3%87%c3%83O%20POPULAR%20MEDIANTE%20UMA%20SOCIEDADE%20IMEDIATISTA.pdf>. Acesso em 13 ago. 2019.

SPADOTTO, R.; BATISTA, G. R. Destinação dos resíduos da construção civil: Xanxerê, Santa Catarina. Santa Catarina, 2015. **Anais eletrônicos [...]**. Disponível em: https://www.usp.br/nutau/anais_nutau2014/trabalhos/spadotto_aryane_e_geovani.pdf. Acesso em: 06 nov. 2019.

STACHERA JUNIOR, T. Avaliação de emissões de CO2 na construção civil: um estudo de caso da habitação de interesse. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., 2008, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos [...]**. Rio de Janeiro: UTFPR, 2008. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_sto_090_554_12351.pdf. Acesso em: 13 dez. 2019.

TAPARELLO, G. I. K. A industrialização da construção com terra através da impressão 3d. **Mix Sustentável**, Santos, v. 2, n. 2, p. 87-92, jun. 2016. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/1651>. Acesso em: 15 dez. 2019.

TEIXEIRA, L. P.; CARVALHO, F. M. A. A. Construção como instrumento do desenvolvimento da economia brasileira. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**. Curitiba, v. 3, n. 109, p. 09-26, jul. /dez. 2005. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4813503>. Acesso em: 15 dez. 2019.

TERRA. **Tecnologia modular se destaca como construção rápida e sustentável**, 2017. Disponível em: <https://www.terra.com.br/noticias/dino/tecnologia-modular-se-destaca-como-construcao-rapida-e-sustentavel,6149462023cb677878c6685f4e63f4213uujkvyh.html>. Acesso em: 19 maio 2019.

TESSARO, A. B.; SÁ, J. S.; SCREMIN, L. B. Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n.2, p. 121-130, abr./jun. 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212012000200008>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212012000200008&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 02 mar. 2019.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. Guarulhos, 2010. Disponível em: http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Livro%20Aproveitamento%20de%20agua%20de%20chuva%205%20dez%202015.pdf. Acesso em: 20 set. 2017.

TORGAL, F.; JALALI, S. **A sustentabilidade dos materiais de construção**. 2. ed. Portugal: TecMinho, 2010

WORLD HEALTH ORGANIZATION WHO. **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater: policy and regulatory aspects**. [S.l.]: WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, 2006. Disponível em: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/78265/9241546824_eng.pdf;jsessionid=CA3501BB0C4BCE482AC2F9FA4DE10AB4?sequence=1. Acesso em: 21 ago. 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION WHO. **Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and public health safeguards**. Genebra, 1973. Disponível em: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/41032/WHO_TRS_517.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 21 ago. 2019.

YAHOO NOTÍCIAS. **Impressora 3D faz casas populares com terra por R\$ 3.500**, 2016. Disponível em: <https://br.noticias.yahoo.com/impressora-3d-faz-casas-populares-com-terra-por-r-162344814.html>. Acesso em: 19 maio 2019.

ZANOELLO, D. Conheça 4 tendências na qualificação da mão de obra da construção. **Construtech Ventures**. 24 set. 2018. Disponível em: <https://construtechventures.com.br/blog/conheca-4-tendencias-na-qualificacao-da-mao-de-obra-da-construcao/>. Acesso em: 07 jun. 2019.