



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

ANÁLISE DE CUSTOS E EMISSÕES DE GEE EVITADOS COM A
REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CONCRETO EM UMA OBRA CIVIL EM
VIANA-ES

Lucas Araujo De Moura Cruz

Belo Horizonte

2022

LUCAS ARAUJO DE MOURA CRUZ

**ANÁLISE DE CUSTOS E EMISSÕES DE GEE EVITADOS COM A
REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CONCRETO EM UMA OBRA CIVIL EM
VIANA-ES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Brianezi

BELO HORIZONTE

2022

LUCAS ARAUJO DE MOURA CRUZ

**ANÁLISE DE CUSTOS E EMISSÕES DE GEE EVITADOS COM A
REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CONCRETO EM OBRA CIVIL EM VIANA - ES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Aprovado em 10 de fevereiro de 2022

Banca examinadora:

Daniel Brianezi – Presidente da Banca Examinadora
Prof. DSc Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – Orientador(a)

André Luiz Marques Rocha
Prof. MSc Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Frederico Keizo Odan
Prof. DSc Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais



Emitido em 10/02/2022

CÓPIA DE FOLHA DE ASSINATURAS Nº 1/2022 - DCTA (11.55.03)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 11/02/2022 13:52)

ANDRE LUIZ MARQUES ROCHA
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DCTA (11.55.03)
Matrícula: 2143906

(Assinado digitalmente em 11/02/2022 11:25)

DANIEL BRIANEZI
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
CEAMS (11.51.05)
Matrícula: 2160691

(Assinado digitalmente em 11/02/2022 13:22)

FREDERICO KEIZO ODAN
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DCTA (11.55.03)
Matrícula: 2092847

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sig.cefetmg.br/documentos/> informando seu número:
1, ano: 2022, tipo: **CÓPIA DE FOLHA DE ASSINATURAS**, data de emissão: **11/02/2022** e o código de
verificação: **b3fcc89f72**

RESUMO

CRUZ, L. A. M. **Análise de custos e emissões de GEE evitados com a reutilização de resíduo de concreto em uma obra civil em Viana-ES.** 2022. 82p. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

A indústria da construção é uma das que mais impactam o meio ambiente, pois consome de 40 a 75% das matérias-primas disponíveis no mundo, como o minério de ferro para produzir o aço, como o consumo energético de coque de petróleo para a produção de cimento, além de agregados como areia, brita, cimento e outros. Como ilustração, sabe-se que, em 2020, a indústria da construção brasileira consumiu 60,6 milhões de toneladas de cimento. A partir desse grande consumo, também, inevitavelmente, gera-se grande quantidade de resíduos os quais, quando dispostos incorretamente, podem ocasionar grandes impactos ambientais; tais quais: ocupação de calçadas, poluição visual, proliferação de vetores, assoreamento de nascentes e corpos hídricos, gastos desnecessários com limpeza, etc. Diante disso, também existem formas de minorar efeitos como os listados acima. Dentre as formas de mitigação dos impactos ambientais negativos oriundos da disposição dos Resíduos da Construção Civil (RCCs), tem-se a reciclagem e/ou a reutilização para outros fins. Assim, objetivou-se, com esse trabalho, estimar os custos e as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) evitados pelo reaproveitamento e pelo tratamento de resíduo de demolição (concreto) em obra de construção civil no município capixaba de Viana. Para isso, foram considerados os custos das operações de reaproveitamento do resíduo de concreto, como bica corrida, e comparou-se àqueles evitados com tal reaproveitamento com base em pesquisas no comércio local. Já as emissões de GEE geradas e evitadas com o reaproveitamento do resíduo de construção civil foram estimadas com base em dados de literatura, da obra e utilizando a ferramenta de cálculo do *GHG Protocol* 2022. A economia com o uso do resíduo, como bica corrida, foi igual a R\$ 777.600,23, sendo que a maior parte desta, cerca de 53,59%, refere-se aos custos financeiros evitados com a não disposição dos RCCs em aterro e 6,77% com a não emissão de GEE na atmosfera. Conclui-se que o resíduo gerado pela obra apresenta grande potencial de reaproveitamento na obra, isso como reforço do subleito, e que, ademais, o reaproveitamento do resíduo apresenta benefícios do ponto de vista financeiro e ambiental.

Palavras-chave: construção civil, bica corrida, reaproveitamento, emissão de CO₂.

ABSTRACT

CRUZ, L. A. M. **Analysis of avoid GHG costs and emissions with the reuse of concrete waste in a civil construction in Viana-ES.** 2022. 82p. Undergraduate thesis (Graduate in Environmental and Sanitary Engineering) – Department of Environmental Science and Technology, Federal Center of Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

The construction industry is one of the most impacting the environment, as it consumes 40 to 75% of the raw materials available in the world, such as iron ore to produce steel, such as the energy consumption of petroleum coque for cement production, as well as aggregates such as sand, gravel, cement, and others. As an illustration, it is known that, in 2020, the Brazilian construction industry consumed 60.6 million tons of cement. From this great consumption, it also inevitably generates a large amount of waste, which, when disposed incorrectly, can cause major environmental impacts, such as: occupation of sidewalks, visual pollution, proliferation of vectors, silting of springs and water bodies, unnecessary expenses with cleaning, etc. Given this, there are also ways to mitigate effects such as those listed above. Among the ways of mitigating negative environmental impacts arising from the disposal of Civil Construction Waste (RCCs), recycling and/or reuse are for other purposes. Thus, the objective of this work was to estimate the costs and emissions of Greenhouse Gases (GHG) avoided by the reuse and treatment of demolition waste (concrete) in a construction site in the municipality of Viana. For this, the costs of the operations of reuse of concrete waste, such as limestone aggregate, were considered and compared to those avoided with such reuse based on research in local commerce. On the other hand, GHG emissions generated and avoided with the reuse of civil construction waste were estimated based on data from the literature, from the work and using the calculation tool of *the GHG Protocol 2022*. The savings with the use of waste, such as limestone aggregate, was equal to R\$ 777. 600.23, most of which, about 53.59%, refers to the financial costs avoided with the non-disposition of RCCs in landfill and 6.77% with the non-emission of GHG into the atmosphere. It is concluded that the waste generated by the work has great potential for reuse in the work, this as reinforcement of the subbed, and that, in addition, the reuse of the waste presents benefits from the financial and environmental point of view.

Keywords: civil construction, limestone aggregate, reuse, CO₂ emission.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	OBJETIVOS	4
2.1.	Objetivo geral.....	4
2.2.	Objetivos específicos.....	4
3.	REFERENCIAL TEÓRICO	5
3.1.	Construção civil no brasil.....	5
3.2.	Impactos Ambientais Negativos Causados Pela Indústria Da Construção Civil.....	8
3.3.	Impactos Na Qualidade Do Ar Oriundos Da Indústria Da Construção Civil.....	11
3.4.	Resíduos Sólidos Da Construção Civil No Brasil	18
3.5.	Resíduos sólidos da construção civil no estado do Espírito Santo e no município de Viana-ES	19
3.6.	Arcabouço Legal	21
3.7.	Economia Circular e RCCs	25
3.8.	Formas de reaproveitamento do resíduos de concreto na indústria da construção civil.....	27
3.9.	Benefícios econômicos e ambientais do reaproveitamento e tratamento dos RCCs.....	30
4.	METODOLOGIA	33
4.1.	Caracterização do empreendimento	33
4.2.	Coleta de Dados	35
4.2.1.	<i>Dados De Demolição</i>	35
4.2.2.	<i>Levantamento de custos financeiros evitados com o material gerado</i>	38
4.2.3.	<i>Custos com tratamento do resíduo</i>	41
4.2.4.	<i>Balanço da emissão de gases de efeito estufa</i>	42
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5.1.	Custos e emissões de GEE evitados com o reaproveitamento do resíduo	47
5.1.1.	<i>Custo e emissão de GEE evitados com a compra de material</i>	47
5.1.2.	<i>Custo e emissão evitados com o transporte do resíduos até o CTRVV</i>	47
5.1.3.	<i>Custo evitado com a não disposição final do resíduo em aterro</i>	48
5.2.	Custos e emissões relacionadas ao tratamento do resíduo	48
5.2.1.	<i>Custo com operador do britador</i>	48
5.2.2.	<i>Custo com aluguel de britador móvel</i>	49
5.2.3.	<i>Balanço de emissões de GEE</i>	50
5.2.4.	<i>Balanço econômico e de emissões de GEE</i>	53
6.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	56
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Panorama de crescimento do produto interno bruto da construção civil no Brasil..	6
Figura 3.2: Consumo de cimento na construção civil no Brasil entre 2018 e 2020	8
Figura 3.3: Oferta interna de energia brasileira	12
Figura 3.4: Evolução da utilização de energias renováveis de 1970 a 2016 em comparação com as energias não renováveis.	12
Figura 3.5: Fontes de energia na indústria do cimento.....	13
Figura 3.6: Emissão de CO ₂ referente à produção de cimento no cenário brasileiro entre os anos de 2017 e 2019.....	16
Figura 3.7: Ciclo de Vida dos produtos da Construção Civil.....	18
Figura 3.8: empreendimentos geradores de RCC no Espírito Santo no ano de 2017.....	20
Figura 3.9: Destinações do RCC coletado pelas prefeituras municipais.....	21
Figura 3.10: Perfil de pavimentação do tipo flexível	28
Figura 3.11: Resultados dos agregados em relação aos materiais naturais em testes de suporte Califórnia.....	29
Figura 3.12 Parâmetros da ABNT NBR 15116/2004 para utilização do RCC nas obras de pavimentação.....	30
Figura 4.1: Mapa de localização do empreendimento	34
Figura 4.2: Layout do galpão a ser construído	35
Figura 4.3: Etapa de britagem de RCCs da obra de Viana - ES	37
Figura 4.4: Material britado após processamento na obra de Viana - ES	38
Figura 4.5: Exemplificação das camadas da pavimentação a ser utilizada no empreendimento.	39
Figura 5.1: Quantidade de CO ₂ gerada pelo consumo de combustível do britador fornecida pela ferramenta do GHG	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Comparação de lançamento e vendas de imóveis em 2020 e 2019 no Brasil	7
Tabela 3.2: Panorama de consumo de areia e brita no Brasil em milhões de toneladas	7
Tabela 4.1: Volume das estruturas demolidas – Obra de Viana 2021.....	36
Tabela 4.2: Estimativa de tipo e quantidades de RCCs gerados – Obra de Viana 2021.	36
Tabela 4.3: Dados de deslocamento foram evitados	45
Tabela 5.1: Custo evitado com aquisição de brita.....	47
Tabela 5.2: Custo evitado com o transporte dos RCCs ao Aterro Capacitado a receber tal material ...	47
Tabela 5.3: Custo evitado com a não disposição final	48
Tabela 5.4: Custo com operador do britador.....	49
Tabela 5.5: Custo com aluguel de máquina	49
Tabela 5.6: Tabela de Resumo de Custos.....	50
Tabela 5.7: Dados de consumo total dos caminhões em Litros	52
Tabela 5.8: Quantidade de CO ₂ gerada pelo consumo de combustível dos caminhões	52
Tabela 5.9: Resumo de Custos Evitados	52

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza pública e Resíduos Especiais

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACV – Avaliação do Ciclo de Vida

ANEPAC - Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção

APRE - Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal

ARC – Agregado Reciclado de Concreto

[B]³ - Bolsa Balcão do Brasil

BGS – Brita Graduada Simples

BTS - *Built to Suit*

CBR - Índice de Suporte Califórnia de Gruba

CNAE - Código Nacional de Atividades Econômicas

CO₂ - Dióxido de carbono

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

CTRVV – Centro de Tratamento de Resíduos de Vila Velha

DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

ESG - Environmental, Social and Governance

GEE - Gases de Efeito Estufa

GHG - *Greenhouse Gas*

HCN - Ácido Cianídrico

IEMA - Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo

IPCC – Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas

N₂ – Nitrogênio

NH₃ - Amônia

NO - Óxido de Nitrogênio

ODSs - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

PIB - Produto Interno Bruto

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos

RCCs - Resíduos da Construção Civil

SEEG – Sistema de Estimativa de Emissão de Gases

SEAMA - Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos

SELIC - Sistema Especial de Liquidação e de Custódia para Títulos Federais

WWF - *World Wide Fund for Nature*

USP - Universidade de São Paulo

1. INTRODUÇÃO

A construção civil tem grande relevância para o Produto Interno Bruto (PIB) de qualquer país e funciona como termômetro de sua economia. Isso se deve à mobilização de pessoas e de recursos envolvidos para a elaboração e para a execução de quaisquer projetos, exercendo forte influência econômica local e regional (KLEPA, et al. 2019). Segundo Marques et al. (2019), o setor da construção civil tem buscado tecnologias e alternativas frente à escassez de recursos naturais para o seu desenvolvimento, através da reciclagem, reutilização, logística reversa e outros. Tais soluções, por sua vez, visam garantir a sustentabilidade econômica e ambiental da atividade no atual cenário de investimento nacional.

O setor consome de 40 a 75% de toda a matéria-prima produzida no planeta e cerca de 33% dos recursos naturais. A média de consumo mundial de cimento, um dos principais insumos para o setor, supera o de alimentos, perdendo apenas para a água. No ano de 2009, em todo o território brasileiro, o consumo foi 353 Kg de cimento por pessoa, enquanto na China o número foi cinco vezes maior (THOMÉ, 2016). Além do alto consumo das matérias primas, uma questão a ser levada em consideração é a alta geração de resíduos da construção Civil (RCCs). Somente a China gera entre 2 a 3 bilhões de toneladas de RCCs por ano de restos de demolição de edificações antigas, restos de madeira, metal, solo e concreto, sendo que cerca de 70 % dos resíduos não recebem o tratamento adequado (WANG et al., 2018). A cidade de Shenzhen, na China, por exemplo, dispõe, em aterros sanitários, 84% dos RCCs gerados (JIN et al., 2017). Na União Europeia, como exemplo, foram gerados cerca de 850 milhões de toneladas de resíduos de construção civil.

Já no Brasil, a média de desperdício é de 8%, sendo que tijolos podem chegar a ter um desperdício superior a 25% (THOMÉ, 2016). Por meio de um levantamento realizado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), ficou evidenciado que, somente no ano de 2019, foram gerados cerca de 44,5 milhões de toneladas de RCCs no país (ABRELPE, 2020). Muitas obras sofrem com a falta de práticas de reciclagem e de reutilização, ademais apresentam disposição inadequada dos resíduos, a qual se dá em lugares como: margens de rios, terrenos baldios e ruas da periferia. Essa disposição irregular traz inúmeras consequências, além de impactos sociais e ambientais, vide: obstrução de calçadas e vias pela ocupação dos resíduos de construção, poluição visual, proliferação de vetores, assoreamento de corpos hídricos, além dos custos desnecessários para o órgão público retirar o material (SANTANA, 2016 apud VAZ, 2004).

Diante desse contexto, desde 2008, têm sido estabelecidas normas e diretrizes que fomentam a reutilização e a reciclagem a curto, médio e longo prazo de materiais. Destaca-se que tais resíduos representam a terceira parte de todos os resíduos sólidos gerados mundialmente (EC, 2008; SÁEZ; OSMANI, 2019). A Organização das Nações Unidas, no ano de 2015, estabeleceu a Agenda 2030, que tem como um dos seus objetivos combater a desigualdade entre pessoas e garantir a proteção duradoura do planeta e seus bens naturais. Para o cumprimento da Agenda, foram elaborados os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODSs), os quais são diretrizes repassadas a cada país participante da Agenda de modo a garantir que as futuras gerações possam desfrutar de um meio ambiente ecologicamente equilibrado (ONU, 2015; ONU 2021). O ODS 12 traz em seu escopo o tema “Consumo e Produção Sustentáveis” visando reduzir, até 2030, grande parte dos resíduos produzidos pela sociedade através do fomento à prevenção do uso desnecessário de matérias-primas, redução na geração de resíduos, além da reciclagem e reuso. Isso para que ocorra o seu manejo ambientalmente correto, analisando todo o seu ciclo de vida e diminuindo impactos na saúde humana e ambientais como a contaminação do ar, da água e do solo (ONU, 2015).

Na mesma linha de pensamento, foi instituída no Brasil a Lei 12.305/2010, conhecida como Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), como forma de regular a geração, transporte e coleta dos resíduos sólidos em território nacional (BRASIL, 2010). Em seu artigo terceiro, é indicado o tratamento do resíduo sólido como uma das etapas de seu gerenciamento, de modo a promover a reciclagem e reutilização, sendo dispostos somente os rejeitos, ou seja, aquilo que não poderá ser reaproveitado.

A reciclagem dos RCCs é uma das principais ferramentas da gestão ambiental dentro de uma obra civil, a qual tem o desenvolvimento sustentável como uma de suas premissas. Além do mais, reciclar gera inúmeros benefícios como: redução no consumo de matérias-primas novas não renováveis, redução das áreas necessárias para o descarte e redução do consumo de energia no que tange ao consumo de insumos virgens (JOHN et al., 2001).

Tais benefícios contribuem principalmente para a redução da emissão dos gases de efeito estufa (GEE). Segundo Moris (2018), houve a redução de 20,9% na emissão de dióxido de carbono (CO₂) com o transporte evitado do material a ser reutilizado em obra civil executada em São Paulo. Assim, o presente trabalho tem em vista trazer uma estimativa de custos os quais poderiam ser evitados através do reaproveitamento de concreto de demolição, bem como objetiva a análise de emissões de GEE evitados com a reutilização dos mesmos na

obra de execução de um galpão logístico na cidade de Viana, no estado do Espírito Santo.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O objetivo geral do presente trabalho foi analisar custos e emissões de gases de efeito estufa evitados pelo reaproveitamento do resíduo de concreto bica corrida em uma obra de construção civil no município de Viana, no estado do Espírito Santo.

2.2. Objetivos específicos

- Avaliar as formas de reaproveitamento e tratamento do resíduo de concreto com base nas características do resíduo de concreto gerado e nas especificações técnicas e legais;
- Levantar os principais custos relacionados à implantação e operação da técnica de reaproveitamento e tratamento utilizando o resíduo como bica corrida;
- Estimar os benefícios econômicos e ambientais gerados pelo reaproveitamento do resíduo de concreto.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo a plataforma Sienge (2021), a execução de uma obra da construção civil exige organização e cumprimento de algumas etapas que vão da preparação do terreno até a cobertura da estrutura. A regularização do terreno é a primeira delas. Com o terreno regularizado a obra pode passar pelas seguintes etapas (MORAES, 2022):

1ª – Serviços preliminares: compreendem a preparação do canteiro com avaliação do solo através da sondagem, execução da terraplenagem, instalações provisórias de água e energia além das áreas de convivência como sala da engenharia, do mestre de obras e outras;

2ª – Infraestrutura e supraestrutura: nessa etapa é feita a fundação, servindo de base para pilares, vigas, lajes e escada e após isso é feito fechamento da estrutura com muros de bloco, alvenaria, *drywall*, ou outros;

3ª – Instalações hidrossanitárias: que envolvem o sistema de esgoto, água e drenagem;

4ª – Instalações elétricas: nas quais são feitas a passagem de eletrodutos, fio, cabos e são instaladas tomadas e disjuntores;

5ª – Instalações complementares: que podem envolver telefonia, fibra ótica de internet, ar-condicionado e outros;

6ª – Cobertura: que tem como objetivo proteger a obra contra chuva e outros fatores climáticos

7ª – Acabamento: o qual é a parte responsável por cuidar dos detalhes e embelezamento de cada obra como louças e metais, pintura e piso.

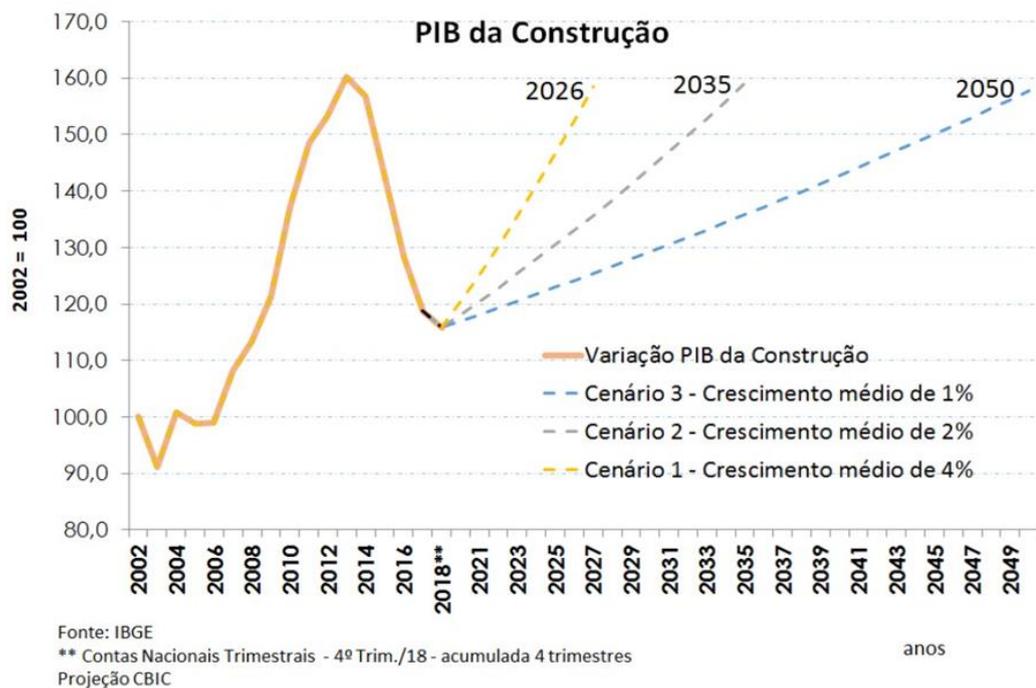
3.1. Construção civil no Brasil

O setor da construção civil, grande responsável pela economia de um país, está intimamente ligado ao desenvolvimento e produção nacional. De tal modo, nos últimos 40 anos, o crescimento deste setor sofreu mudanças decorrentes do crescimento econômico e momentos de crises financeiras (FIRJAN, 2014).

A construção encolheu 2,5% em 2018, quinto ano consecutivo, acumulando retração de 27,7% neste período. Houve também redução da participação do setor no PIB nacional de 4,8% para 4,5% e no setor industrial de 22,4% para 20,6%. O setor vem sofrendo, desde 2014, uma queda no Produto Interno Bruto da Construção. Isso se deve aos cortes da verba pública uma vez que esse é um setor bastante dependente do capital estatal e se deve ao não

desenvolvimento de forma satisfatória das parcerias público privadas até o referido ano. Para o economista da Câmara Brasileira da Indústria da Construção, Luís Fernando Melo Mendes, foram estipulados três panoramas de crescimento que podem variar de acordo com os investimentos no setor, índice nacional da construção civil, preço de materiais e insumos e outros como mostra a figura abaixo (CBIC, 2019).

Figura 3.1: Panorama de crescimento do produto interno bruto da construção civil no Brasil



Fonte: CBIC (2019).

Por último, ao considerar o estudo socioeconômico da Fundação João Pinheiro, tem-se que a redução dos investimentos no setor da construção, aliado ao aumento do preço dos insumos necessários à construção, contribuíram fortemente para o variar déficit habitacional brasileiro. Dessa forma, tal estudo demonstrou que o déficit habitacional absoluto no Brasil, que contempla as moradias precárias, passou de 5,657 milhões em 2016 para 5,877 milhões em 2019, aumento de 220 mil unidades habitacionais (MARTIN, 2021; FJP, 2021).

O desenvolvimento recente da construção civil brasileira acompanha o crescimento econômico do país. No ano de 2020, com o advento da pandemia de Covid-19, a população passou a estar mais tempo em casa, sendo necessário adaptar o trabalho para que esse ocorresse remotamente (LOTURCO, 2020). Tal realidade aliada ao incentivo fiscal na redução da taxa do Sistema Especial de Liquidação e de Custódia para títulos federais

(SELIC) resultou num aumento de 9,8% nas vendas em relação ao ano de 2019, mostrando o início do reaquecimento do mercado imobiliário na pandemia conforme Tabela 3.1 (CBIC, 2021b).

Tabela 3.1: Comparação de lançamento e vendas de imóveis em 2020 e 2019 no Brasil

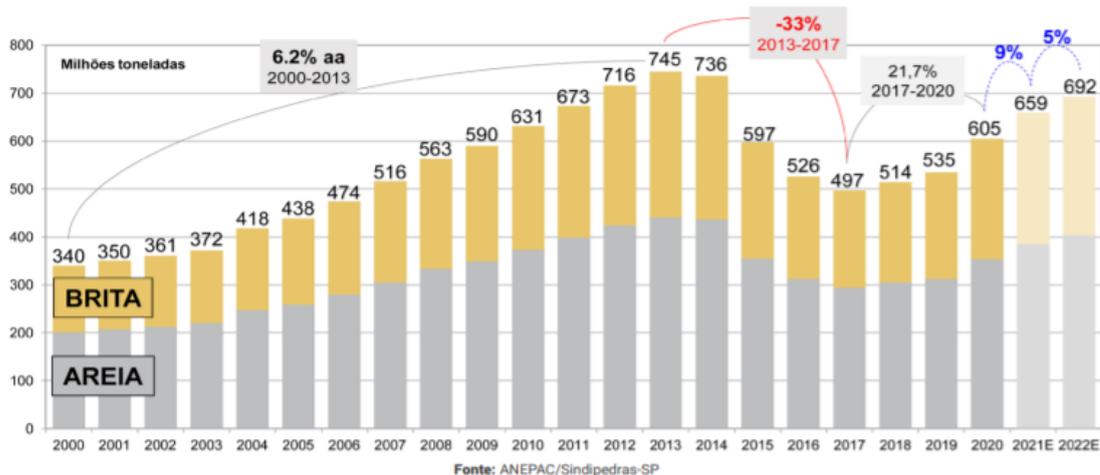
RELAÇÃO ENTRE TRIMESTRES	LANÇAMENTO DE NOVOS EMPREENDIMENTOS	VENDAS
4º Trimestre 2020 x 3º Trimestre 2020	33,20%	3,90%
4º Trimestre 2020 x 4º Trimestre 2019	-7,10%	6,70%
2020 x 2019	-17,80%	9,80%

Fonte: CBIC (2021b) (adaptado).

Um dos setores mais promissores é a construção dos condomínios logísticos, impulsionados pelo *e-commerce* e outros setores os quais não foram afetados pela pandemia. Em 2020, registrou-se um aumento de 134% na locação de tais empreendimentos em relação a 2019 (ALMEIDA, 2021). Assim, com o aquecimento das vendas, espera-se que o setor de construção como um todo cresça cerca de 7,6% no ano de 2021 (REUTERS, 2021).

Com o crescimento no setor de construção civil, vários são os impactos gerados, alguns de forma positiva, como o decréscimo da taxa de desemprego, e outros negativos, como o aumento no consumo de insumos. Podemos destacar o aumento no consumo de agregados, como areia e brita, em recuperação da queda sofrida ocasionada em decorrência da redução de investimentos na construção civil por parte governamental. Houve um crescimento no consumo de 21,7% entre 2017 e 2020 e se espera um aumento ainda maior para os dois anos seguintes, de 9 e 5%, respetivamente, como demonstra a figura abaixo (ANEPAC, 2021):

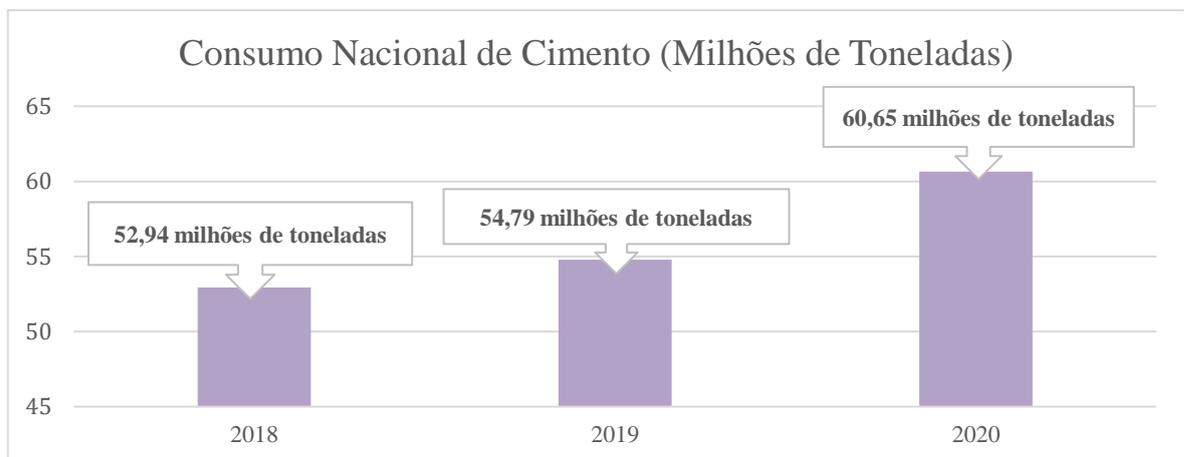
Tabela 3.2: Panorama de consumo de areia e brita no Brasil em milhões de toneladas



Fonte: Revista Areia e Brita (2021).

Sobretudo, destaca-se a elevação no consumo de cimento. O Brasil registrou um aumento no consumo de cerca de 1,8 milhões de toneladas no ano de 2019 em relação ao ano de 2018 e um aumento ainda mais expressivo que foi de cerca de 5,8 milhões de toneladas no ano de 2020 em relação de 2019, resultando num crescimento de 7,7 milhões de toneladas de 2018 a 2020 (CBIC, 2021a) (Figura 3.2). A elevação na demanda de insumos acarreta a geração de resíduos da construção civil, além de promover problemas de cunho social, como a poluição visual, e de favorecer o surgimento de vetores os quais podem ser danosos à saúde humana. Também, destacam-se inúmeros agravos ambientais, como o assoreamento de nascentes e a supressão de indivíduos arbóreos (SCALONE, 2013).

Figura 3.2: Consumo de cimento na construção civil no Brasil entre 2018 e 2020



Fonte: CBIC (2021a) (adaptado).

3.2. Impactos Ambientais Causados Pela Indústria Da Construção Civil

A construção civil é uma importante atividade que gera benefícios não só econômicos, como

também sociais, contribuindo para o desenvolvimento contínuo do país ao gerar empregos e receita para o local onde está inserido. Por outro lado, trata-se de um setor com grande potencial de degradação do meio ambiente. Os impactos ambientais podem ser observados em todas as etapas de sua cadeia produtiva, desde a extração de matérias-primas para a produção de insumo à fase de finalização de obra (AGOPYAN, 2013).

A indústria da construção civil é responsável pelo consumo de 40% a 75% de toda a matéria-prima produzida no mundo, como produtos da mineração na composição de agregados, vide areia e brita, e a extração de minério de ferro para fabricação das estruturas metálicas, ocasionando grande impacto ambiental no mundo. No ano de 2013, estima-se que, para cada ser humano no mundo, foram gerados aproximadamente meia tonelada de entulho, ou seja, 3,5 milhões de toneladas ao ano. No Brasil, cerca de 90% dos RCCs gerados são representados pelos resíduos classificados segundo a resolução nº 307 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) de 2002, como Classe A composto por solos, cerâmicas, argamassas, rochas, restos de concretos e outros (BRASIL, 2002). Destaca-se que a média mundial do consumo de cimento, grande representante na geração dos resíduos classe A, foi mais elevada que o de alimento, perdendo apenas para o consumo de água (AGOPYAN, 2013; FRANCISCO, 2007).

Para o delineamento dos impactos ambientais gerados pelo grande consumo dos materiais e insumos necessários, são elencados os principais agravos associados a cada insumo:

- **Cimento:** O cimento é um dos principais materiais utilizados na construção civil. Em 2020, o Brasil consumiu aproximadamente 50 milhões de toneladas de cimento (CBIC, 2021). Um dos impactos diretos associados à produção de cimento é a geração de dióxido de carbono (CO_2), o que ocorre devido ao processo produtivo responsável por envolver o setor da mineração de calcário e aos alto fornos para a fabricação do próprio cimento (LARUCCIA, 2014). Destaca-se que, no ano de 2019, foram produzidas cerca de 3,78 Giga toneladas de CO_2 no mundo (UN, 2019).
- **Agregados:** Os principais agregados utilizados na construção civil são a areia e a brita. Segundo Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção, foram produzidos 697,14 milhões de toneladas de recursos minerais em território nacional no ano de 2020, sendo que 54% desse montante, ou seja, aproximadamente 376,45 milhões de toneladas são de agregados destinados à indústria

da construção civil. Desse modo, com a grande produção do material, têm-se também impactos de diferentes características associados (ANEPAC, 2020).

A retirada desse material da natureza implica em afloramento e exposição de aquíferos, contaminação do lençol freático, erosão no solo, perturbação das comunidades vizinhas, alteração na biodiversidade, alto consumo de energia, poluição, emissões elevadas de gases de efeito estufa, dentre outros (GRABASCK, 2016).

- **Madeira:** O setor da construção civil foi responsável por consumir 70% dos recursos florestais brasileiros. Assim, além do impacto gerado pela supressão de espécies, muitas vezes nativas àquele lugar, interferindo no ecossistema ali, também se faz existente o consumo de madeira como insumo para a execução de algumas atividades de escoramento e para construção das áreas de vivência nos canteiros de obra, refeitórios, almoxarifados e outros (EMBRAPA, 2019; LEITE, 2020). Segundo a Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal (APRE), a média de consumo de madeira na construção civil no mundo é de aproximadamente 0,17 m³/habitante ano, no Brasil o valor cai para 0,11 m³/habitante ano. O maior importador brasileiro é a China, responsável por consumir 58% de toda a madeira exportada pelo Brasil. Em termos gerais, o consumo de madeira reflorestada pode favorecer o plantio e manejo de mudas arbóreas que não são de ocorrência natural ao local, impactando toda a biota local, bem como o solo e o manancial nos quais a plantação está inserida (APRE, 2017; COMEX STAT, 2021).

É importante evidenciar também que um dos possíveis impactos ambientais os quais podem ser ocasionados com o grande consumo de insumos é a elevada geração de resíduos e a possibilidade de uma disposição irregular de RCCs. A destinação incorreta de tais materiais causa impactos diferentes de acordo com o meio que essa destinação está inserida (PINTO, 1999; YEHEYIS et al., 2013; NAGALLI, 2014):

- **Nos cursos d'água:** existe a possibilidade de causarem a obstrução do sistema de drenagem superficial e a obstrução de córregos, um dos componentes mais importantes do sistema de drenagem, o que gera um ambiente propício a enchentes. Essa disposição incorreta provoca a necessidade de contínua manutenção no sistema de drenagem (PINTO, 1999).
- **No solo:** podem contribuir para a proliferação de vetores, e, tratando-se da disposição

inadequada de resíduos perigosos como graxas, óleo, tintas, solventes e outros, podem ocasionar a contaminação do solo e da água caso exista um curso hídrico próximo ao ponto de destinação (DEGANI, 2003). Destaca-se que mesmo quando dispostos em concordância com a legislação, ou seja, em aterros sanitários devidamente licenciados passíveis de receber os RCCs, estes ainda podem impactar o meio ambiente com a redução da vida útil do aterro, além de impedir o reaproveitamento de tais resíduos (PINTO, 2001).

- **No ar:** com a disposição incorreta dos resíduos da construção civil, que pode ter como consequência a ausência de tratamento correto dos RCCs, ocasionar-se-ão impactos negativos para a sociedade e para o meio ambiente. Esses são oriundos principalmente da queima de materiais menos nobres misturados aos RCCs a fim de se obter os materiais de maior interesse comercial (CNM, 2019).

3.3. Impactos Na Qualidade Do Ar Oriundos Da Indústria Da Construção Civil

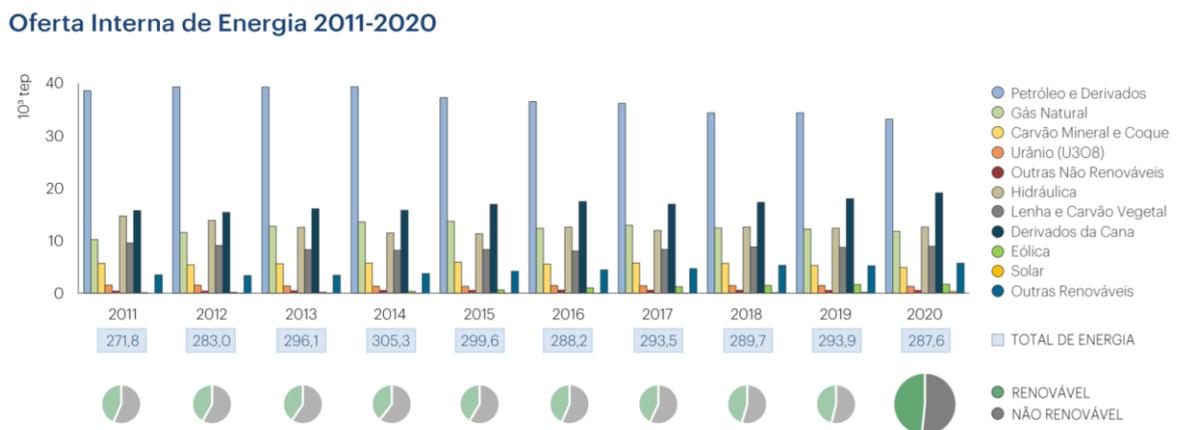
Segundo a Organização das Nações Unidas, no ano de 2020, o setor da construção civil foi responsável por 40% dos gases de efeito estufa no mundo (ONU, 2020). No Brasil, o cimento é totalmente consumido pelo setor da construção civil, sendo esta sua principal fonte emissora (IEMA, 2020; BONI; MEIRA, 2020). Logo, a indústria de cimento gera grandes impactos ambientais através de seu processo de fabricação, nele são emitidos diferentes tipos de gases, sendo alguns destes intensificadores do efeito estufa, além do material particulado (LOPES; SANTOS, 2018).

No processo de construção em si não é comum a emissão de grandes quantidades de gases de efeito estufa a partir de fontes fixas. Porém, como dito anteriormente, a indústria da construção civil exerce forte influência com o consumo de materiais e insumos que possuem tais fontes, esse é o caso da indústria do cimento, composto formado por calcário, argila e corretivos químicos a base de silício (SEEG, 2020). Segundo o Ministério do Meio Ambiente, (2022) as fontes fixas são: *“aquelas que ocupam uma área relativamente limitada, permitindo uma avaliação direta na fonte.”*. As fontes fixas, por sua vez, permitem um delineamento do impacto ambiental com maior precisão, uma vez que as condições de análise local não variam. Estas normalmente têm sua origem em atividades da indústria de processamento, mineração, geração de energia e outras (MMA, 2022).

No Brasil, a matriz energética é composta, em sua maioria, pelo consumo de petróleo e

derivados. No ano de 2020, cerca de 51,6% da matriz energética era composta por fontes não renováveis, contra 48,4% de fontes renováveis (Figura 3.3), fato esse responsável por gerar grandes impactos ambientais, principalmente na qualidade do ar, visto que ainda há um grande consumo de combustíveis fósseis oriundos do petróleo (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2022). O setor da construção civil, devido à sua importância para a economia nacional e à sua elevada demanda energética (44% da demanda brasileira), tem forte contribuição para o consumo de energia por fontes não renováveis (THOMÉ, 2017). Em último lugar, somente a indústria de cimento representou 2,6% da emissão de CO₂ do Brasil em 2019 (SNIC, 2019).

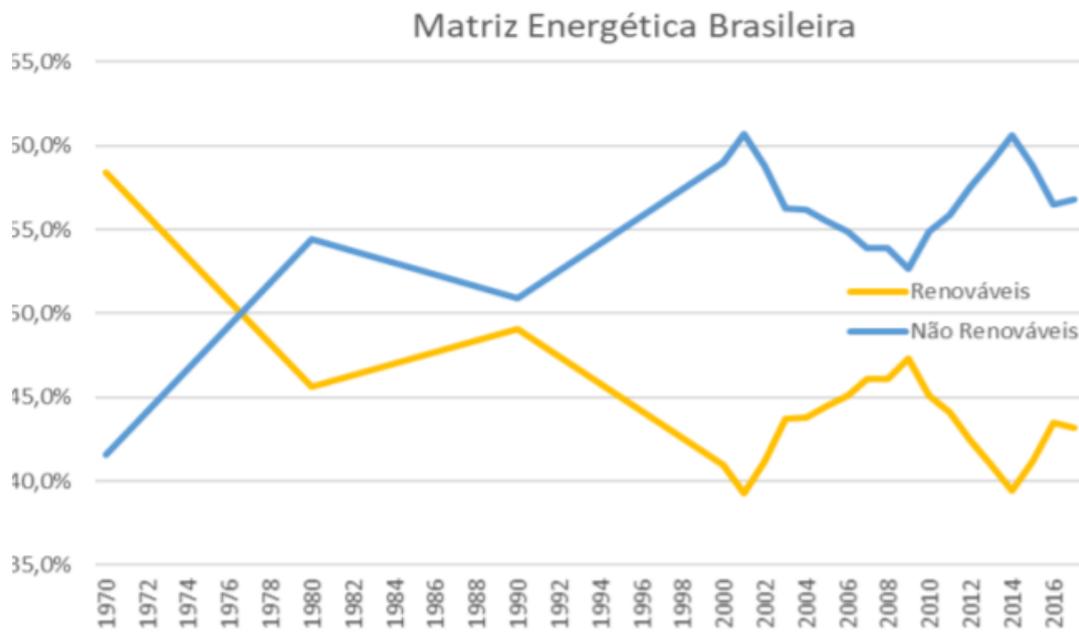
Figura 3.3: Oferta interna de energia brasileira



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética, 2021.

Apesar de que, nos últimos anos, tenha crescido a oferta de energia por fontes renováveis como a energia eólica e os biocombustíveis, ainda há grande consumo na matriz energética dos derivados de petróleo (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2021) (Figura 3.4).

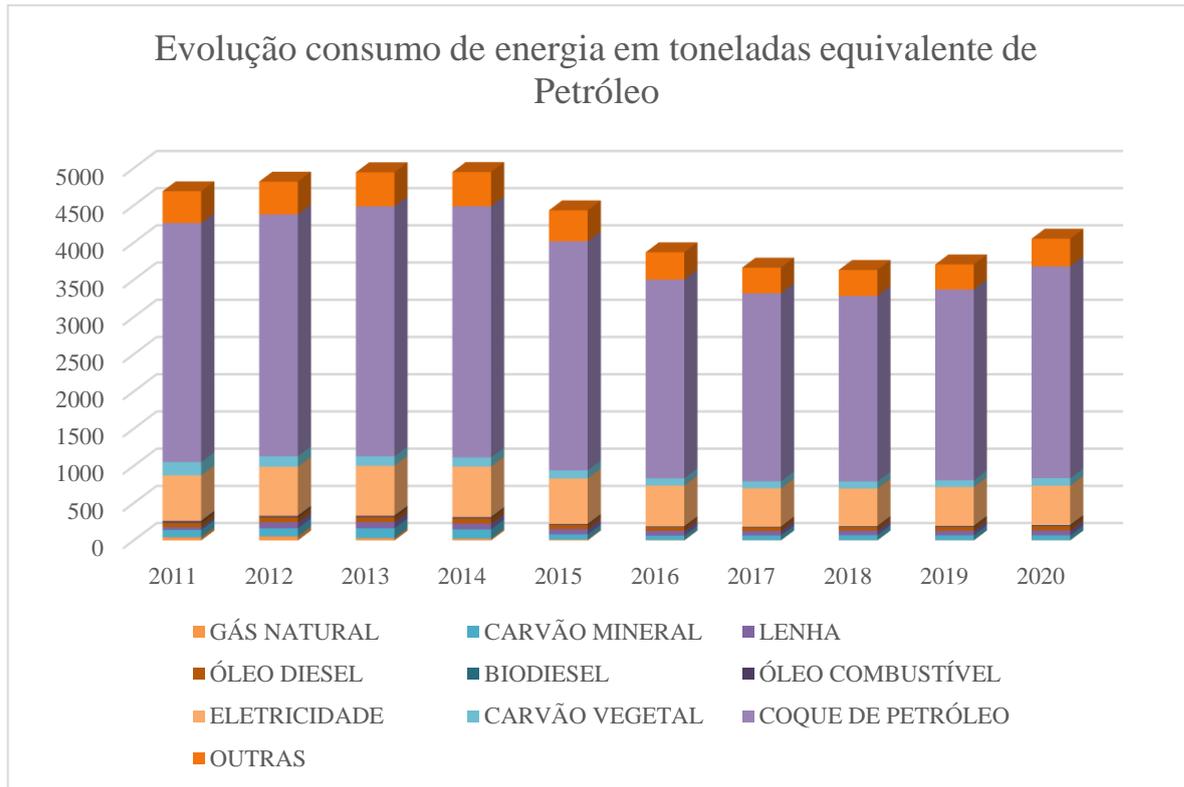
Figura 3.4: Evolução da utilização de energias renováveis de 1970 a 2016 em comparação com as energias não renováveis.



Fonte: Carmona (2019).

Dentre as fontes de energéticas consumidas pela indústria de cimento, destaca-se o coque de petróleo, o qual gera impactos ambientais em decorrência das emissões atmosféricas do processo de combustão, envolvendo a cadeia de produção do cimento. Observa-se que nos anos 2018 a 2020 houve crescimento no consumo de fontes de energia não renováveis, com destaque para o consumo de coque de petróleo (MME, 2020) (Figura 3.5).

Figura 3.5: Fontes de energia na indústria do cimento



Fonte: MME (2020) (adaptado).

Mais especificamente, entre um dos impactos ambientais analisados na indústria do cimento, importante contribuinte na contabilização das emissões de GEE's da indústria da construção civil, destaca-se que 90% das emissões dos gases de efeito estufa são de responsabilidade da produção de clínquer, agente aglutinante do cimento oriundo da queima de calcário misturado com a argila, podendo, ainda, ter adições ao depender do tipo de cimento a ser fabricado (RODGERS, 2018). O processo de clinquerização é o mais poluente dentro da indústria cimenteira e indiretamente o mais relevante da indústria da construção civil, isso por necessitar de grande quantidade de combustível para atingir o calor necessário nos fornos rotativos. O funcionamento desse processo ocorre pela introdução de matérias-primas como a alita, a belita e outros dentro do forno rotativo a 1450 °C e depois sofre um processo de resfriamento rápido. Assim, através dessa combustão, ocorrem emissões de: dióxidos de carbono (CO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x), dióxidos de enxofre (SO₂), material particulado (MP), alguns metais pesados, compostos orgânicos voláteis e pequenas quantidades de monóxido de carbono (CO); além de outros poluentes (LOPES; SANTOS, 2018).

As principais emissões de gases causadoras de impactos na qualidade do ar pela são:

- **CO_x**: De acordo com dados da *World Wide Fund for Nature* (WWF), a construção

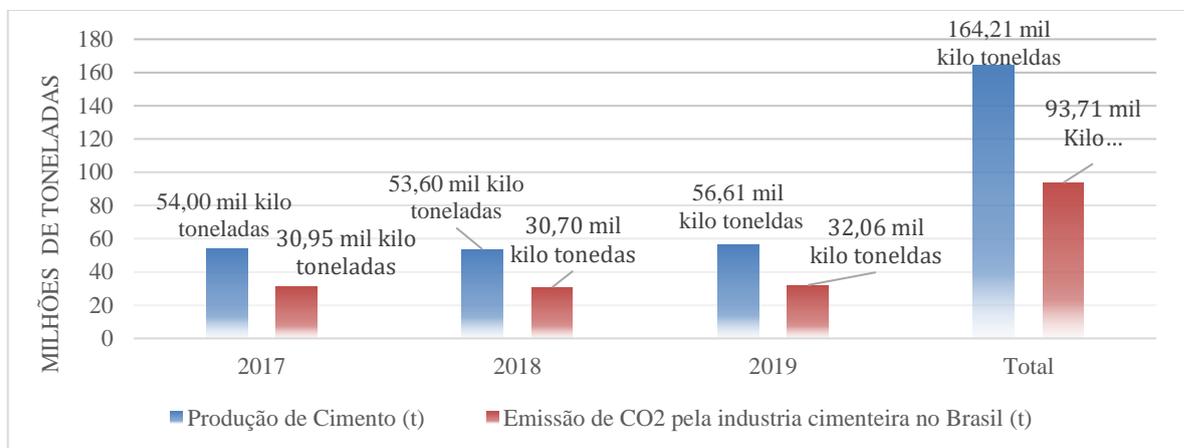
civil é responsável por uma grande parcela do carbono lançado na atmosfera, chegando aos 47% de emissão total de CO₂ no mundo, sendo a maior parte dessa emissão representada pelo consumo de energia e pela produção cimenteira (WWF, 2016). O maior volume de emissões é contabilizado pelo dióxido de carbono (CO₂) produzido principalmente durante a etapa de clínquerização. Tal etapa necessita de grande quantidade de combustível para atingir as temperaturas em torno de 1450°C nos fornos de calcinação, assim, devido à queima incompleta, há também a geração do monóxido de carbono (CO), entretanto em menor quantidade (BOSOAGA, 2009 et al.). Segundo o Laboratório de Química Ambiental da Universidade de São Paulo (USP), o CO₂ é o principal agente colaborador para acelerar o efeito estufa. Gases, vide o gás carbônico (CO₂) funcionam como uma barreira impedindo a radiação solar de voltar para o espaço (USP, 2006). De acordo com dados da CETESB (2022), o CO₂ é responsável por 60% do aquecimento do efeito estufa.

- **NO_x:** A fonte de emissão dos NO_x se dá pela oxidação dos compostos de nitrogênio existentes no combustível os quais fazem funcionar os fornos rotativos. Os fornos rotativos, por sua vez, são responsáveis por aquecer o calcário, a argamassa e os demais elementos necessários à formação do cimento. Através da queima do coque de petróleo, combustível normalmente usado nesses fornos, formam-se Ácido Cianídrico (HCN) e Amônia (NH₃) os quais são oxidados a Óxido de Nitrogênio (NO) e, posteriormente, reduzidos a nitrogênio, N₂. Salienta-se que a reação de oxidação do HCN pode não ter cem por cento de eficiência. Assim, o mesmo pode causar problemas como dores de cabeça, tonturas, falta de ar e afetar o sistema nervoso central (HILL & SMOOT, 2000; SANT'ANA, 2017).
- **Material Particulado:** Segundo MAURY (2012), o material particulado nas cimenteiras tem como principal forma de controle os filtros de manga instalados nas chaminés dos fornos de clínquerização, porém se observa que tais filtros não são suficientes para conter as emissões. Pois, além das chaminés, há também o transporte dos materiais da mina de calcário ao beneficiamento, transporte do pó gerado pelas chaminés, dentre outros. Assim, verifica-se que, devido às dimensões das partículas que podem atingir tamanhos entre 2,5 e 10 µm, grandes riscos podem ser ocasionados à saúde dos trabalhadores e dos moradores do entorno, podendo causar danos ao sistema respiratório e acúmulo do material no pulmão (MAURY, 2012; LOPES;

SANTOS, 2018).

Na produção do cimento, são emitidas cerca de 0,6 tonelada de CO₂ para cada tonelada de cimento Portland produzida. O cimento Portland é o cimento utilizado hoje nas obras civis, ele é composto de argila, calcários e outros componentes. O próprio recebeu esse nome pois, em meados do século XVII, foi desenvolvido em solo britânico e, além disso, este atingiu propriedades semelhantes às rochas da região de Portland no país. Assim, o cimento tratado no trabalho é o cimento Portland. Destaca-se que, em território nacional, no ano de 2019 com a produção de aproximadamente 56,6 megatoneladas do cimento Portland, foram emitidas cerca de 32 megatoneladas de CO₂ na atmosfera vindo de um crescimento nos dois anos anteriores (Figura 3.6). Portanto, indiretamente, pelo grande consumo de cimento, a indústria da construção civil tem significativa influência sobre a emissão de CO₂ no Brasil. No ano de 2017, segundo dados do Sistema de Estimativa de Emissão de Gases (SEEG), foram emitidas cerca de 54 milhões de toneladas de CO₂ oriundas da indústria cimenteira do Brasil (SEEG, 2020).

Figura 3.6: Emissão de CO₂ referente à produção de cimento no cenário brasileiro entre os anos de 2017 e 2019



Fonte: SEEG (2020) (adaptado).

Além do impacto ambiental indireto na qualidade do ar ocasionado a partir do consumo de cimento pela indústria da construção civil, existem também os impactos ambientais diretos ocasionados normalmente por fontes móveis de emissão. Tais fontes, por sua vez, podem ser definidas como fontes as quais impossibilitam o mapeamento das emissões em um mesmo local (MMA, 2021). Estas podem ser representadas, em sua maioria, pelos meios de transporte. Em específico na construção, essas fontes podem ser representadas, em sua maioria, pela movimentação de caminhões e de máquinas responsáveis por realizarem o

serviço de terraplenagem.

Para quantificação das fontes emissoras móveis ou fixas, podem-se utilizar diferentes ferramentas de cálculo e análise dos dados obtidos. Estas devem ser compatíveis com a norma ISO 14.064:2018 e com os métodos de quantificação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), ademais têm como objetivo orientar a execução dos inventários de emissão dos GEE's (CÂMARA AMBIENTAL DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS, 2021). Um dos passos adotados por Cunha (2016) e Lobo (2010) para a quantificação dos GEE's por fontes móveis e fixas emitidas na construção civil é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Trazendo a metodologia para o contexto ambiental, a ACV tem como objetivo analisar as interferências no meio ambiente de um produto, percorrendo desde a extração da matéria-prima à disposição final.

Reduzindo o escopo de análise aos resíduos de construção e demolição, tem-se a extração, o processamento da matéria-prima, a manufatura, o transporte, a distribuição, o uso, o reuso, a manutenção, a reciclagem e a disposição dos resíduos. Tudo isso, conforme apresentado na Figura 3.7 (CUNHA, 2016).

Figura 3.7: Ciclo de Vida dos produtos da Construção Civil



Fonte: Junior (2012).

3.4. Resíduos Sólidos Da Construção Civil No Brasil

A geração de resíduos sólidos, em âmbito nacional, vem avançando em número. Para se ter uma ideia disso, constatou-se que, no ano de 2019, obteve-se a coleta de 0,584 Kg/hab·dia de RCCs, sendo que, em 2010, a coleta de resíduos era de 0,477 Kg/hab·dia. Também, destaca-se que há a possibilidade de se ter uma geração maior do que o volume de resíduos coletados, a exemplo disso se tem que, nas áreas rurais do Brasil, apenas 39% das casas e domicílios possuem coleta de algum tipo de resíduo (IBGE, 2020). O sudeste brasileiro, em contrapartida, é o lugar no qual as maiores quantidades de resíduos são coletadas, devido a densidade demográfica da região urbanizada. Ilustrando o afirmado, 23,2 milhões de toneladas dos resíduos em enfoque foram coletadas em 2019, em um índice de 0,726 kg/hab·dia, representando 52,1% do montante total coletado (ABRELPE, 2020).

Em 2008, foram coletadas 14,6 milhões de toneladas de resíduos da construção civil, sendo que cerca de 7,2 milhões de toneladas são provenientes de obras públicas e 7,4 milhões de toneladas são provenientes de origem privada (IPEA, 2012). Segundo o levantamento feito

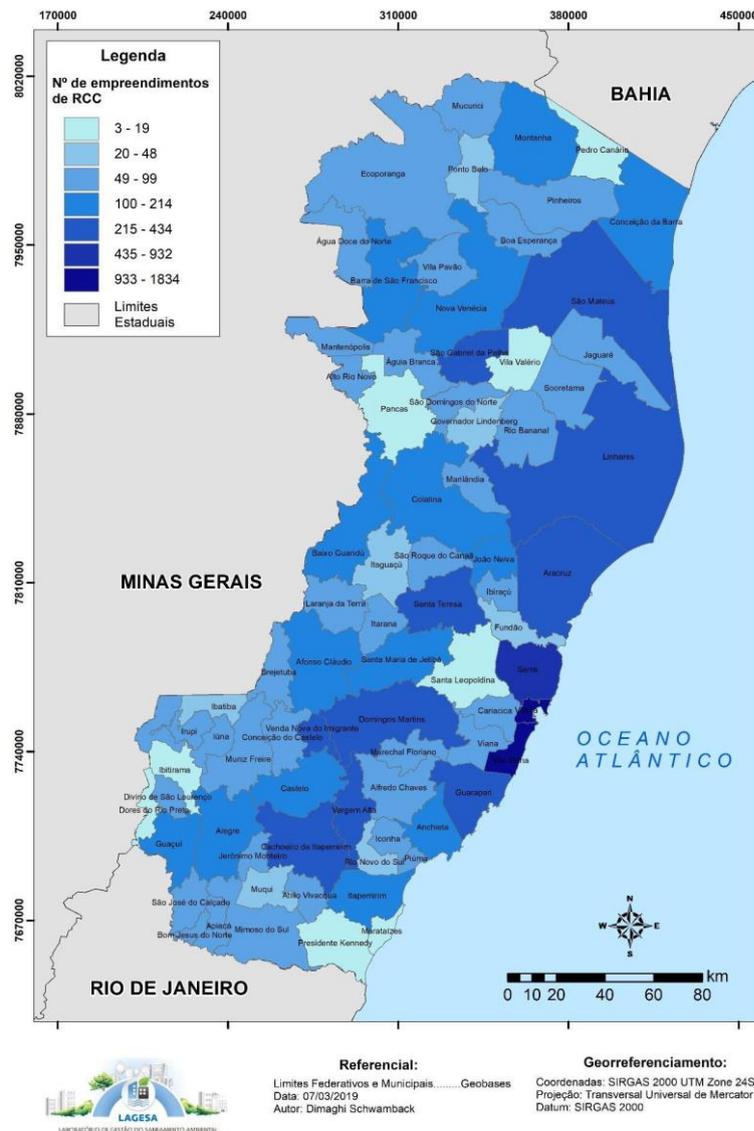
pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNS, 2019), apenas 4,4 milhões de toneladas dos Resíduos de Construção e Demolição (RCCs) chegaram às corretas áreas de destinação final em 2018, tais as unidades de transbordo, os aterros específicos de Resíduos da Construção Civil e as áreas de reciclagem, isso considerando os 373 municípios brasileiros pesquisados (SNS, 2019).

Já no ano de 2020, através de um estudo mais recente a respeito dos resíduos de construção civil pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), foi constatado que os RCCs coletados pelos municípios brasileiros registraram um aumento considerável no período analisado, passando de 33 milhões de toneladas, em 2010, para 44,5 milhões, em 2019. Com isso, a quantidade coletada per capita/ano cresceu de 174,3 kg para 213,5 kg (ABRELPE, 2020).

3.5. Resíduos sólidos da construção civil no estado do Espírito Santo e no município de Viana-ES

De acordo com o levantamento realizado pela Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do estado Espírito Santo (SEAMA) através do Diagnóstico Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos, constatou-se que 407.088 toneladas de resíduos foram recolhidos por prefeitura, terceiros, caçambeiros e autônomos no ano de 2017 (ESPÍRITO SANTO, 2019a). Entretanto, segundo a Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEAMA), esse valor é subestimado uma vez que muitos municípios não possuíam informações suficientes quanto à tipificação e quanto a caracterização dos RCCs gerados e coletados, sendo estes muitas vezes dispostos de maneira incorreta em local inadequado e sem fiscalização. Na Figura 3.8, tem-se a distribuição dos empreendimentos geradores de RCCs no Espírito Santo (ESPÍRITO SANTO, 2019b).

Figura 3.8: empreendimentos geradores de RCC no Espírito Santo no ano de 2017



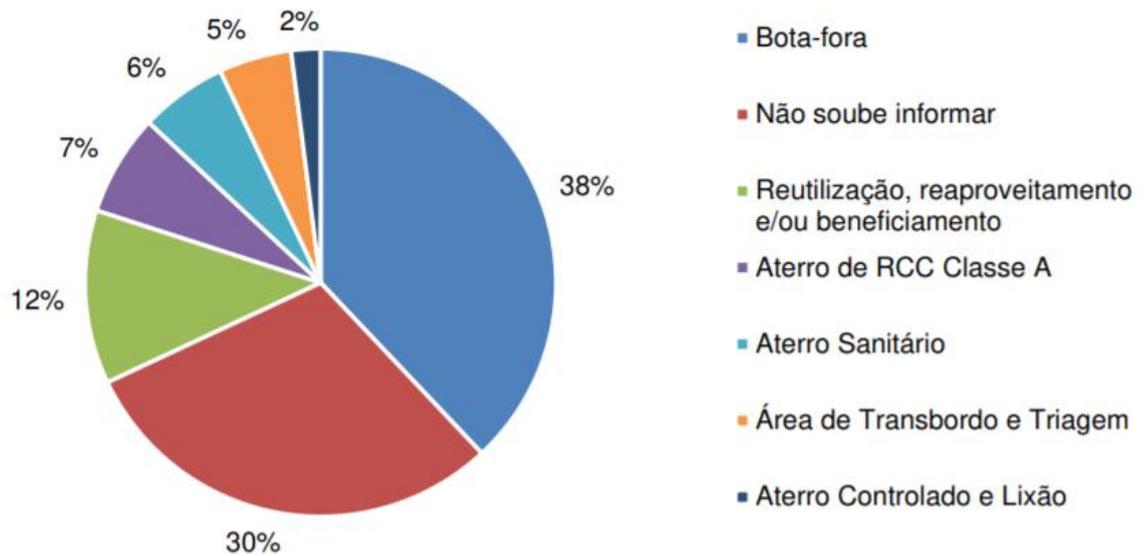
Fonte: Lagesa (2019).

De acordo com dados do Instituto Água e Saneamento (2019), o município capixaba de Viana tem 91,74% da população atendida pelo serviço de coleta de Resíduos Domiciliares. Nisso, pode se destacar que apenas 9,75% da população possui programa de coleta seletiva e, desses atendidos pela coleta seletiva, apenas 0,75% têm seus resíduos reciclados. Em 2019, o município de Viana gerou uma taxa de 199,4t/1000 habitantes ao ano, ou seja, considerando a população de Viana no ano de 2019 (78.240 habitantes) foram geradas cerca de 15.601 toneladas de RCCs.

Além disso, não foram encontrados dados específicos de Viana. Entretanto, com base nos

dados obtidos através do Diagnóstico Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (2019), os quais trazem a realidade da grande Vitória, em que o município de Viana está inserido, têm-se que do total de RCCs gerados, apenas 12% é reciclado, sendo a maior parte da geração destinada para bota-foras, conforme Figura 3.9 (ESPÍRITO SANTO, 2019).

Figura 3.9: Destinações do RCC coletado pelas prefeituras municipais



Fonte: Espírito Santo (2019a).

De acordo com Espírito Santo (2019), 74% das empreiteiras e demais segmentos do setor no estado do Espírito Santo relatam dispor os resíduos em aterro classe A. Por outro lado, 11% destes dispensaram os resíduos em bota-foras e 15% demonstraram não ter conhecimento do assunto ou não souberam informar. Já nos resíduos classe B, os quais se tratam dos resíduos comuns, como papel, plástico, metal, vidro e outros; as empresas pesquisadas responderam destinar os materiais para a reciclagem e ou reaproveitamento, correspondendo a 29% dos pequenos gerados (ESPÍRITO SANTO, 2019a).

3.6. Arcabouço Legal

A Lei nº. 12.305, de 02 de agosto de 2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS) e o Decreto nº. 7.404, de 23 de dezembro de 2010, responsável por regulamentar a referida lei, trazem as diretrizes acerca da gestão de resíduos sólidos em âmbito nacional. Em seu artigo 20, tal lei sujeita a atividades geradoras de resíduos sólidos urbanos bem como os resíduos de construção civil a elaborarem um plano de gerenciamento de tais resíduos, a fim de se ter um controle sobre a geração, armazenamento, transporte e destinação final, evitando

ou mitigando possíveis impactos ambientais gerados pelos resíduos. A referida Lei traz como instrumento o conceito de logística reversa, o qual é definido como: *“um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada”*, conseguindo que o material descartado volte ao ciclo produtivo, contemplando assim todo o ciclo de geração de resíduos no país (BRASIL, 2010).

Para melhor compreensão dos assuntos abordados, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) define os conceitos de resíduo e rejeito. O resíduo constitui-se como toda substância, objeto ou material descartado proveniente de atividade humana o qual pode ser reaproveitado, tratado ou recuperado. Enquanto isso, o rejeito é classificado como o resíduo que não pode ser mais reaproveitado, considerando os métodos de tratamentos disponíveis e economicamente viáveis. Um dos objetivos da lei é o *“incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético”* (BRASIL, 2010). Para tanto, ela traz como instrumentos essenciais:

- Planos de Resíduos Sólidos, em que estão incluídos os Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil;
- Sistemas de logística reversa que utilizam de tecnologias responsáveis por fazer o resíduo voltar ao ciclo produtivo;
- Incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas e outras formas de associação dos catadores de materiais recicláveis, promovendo a geração de empregos.

A classificação dos RCCs é dada, também, pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 469/2015 (BRASIL, 2015) e pelas Resoluções CONAMA nº 307/2002 (BRASIL, 2002) e CONAMA Nº 448/2012 (BRASIL 2012), CONAMA Nº 431/2011 (BRASIL, 2011). Assim, tais resíduos são divididos em quatro classes, estas são:

- Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:
 - 1) Obras de Infraestrutura - de construção, de demolição, de reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;

2) Reformas - de construção, de demolição, de reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;

3) Pré-moldados - de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios, etc.) produzidas nos canteiros de obras;

- Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso;

- Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;

- Classe D: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros. Ou são aqueles resíduos contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas, demais objetos e materiais que contenham amianto e/ou ademais produtos nocivos à saúde.

Portanto, os RCCs podem ser definidos conforme a Resolução CONAMA nº 307 de 2002 como 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.

A PNRS traz, ademais, como um de seus princípios, a responsabilidade compartilhada que, aplicada ao contexto da construção civil, confere às frentes de trabalho responsabilidade sobre os resíduos gerados, contemplando as tarefas de segregação e acondicionamento correto dos próprios (BRASIL, 2010).

Dessa maneira, a responsabilidade se divide em:

- Poder público: o qual deve apresentar planos para o manejo correto dos materiais (com adoção de processos participativos na sua elaboração e adoção de tecnologias apropriadas);
- Setor privado: a este compete o recolhimento e gestão dos resíduos após geração;
- Sociedade e colaboradores de forma geral: a esse setor cabe participar dos programas de coleta seletiva (acondicionando os resíduos adequadamente e de forma diferenciada), além disso deve incorporar mudanças de hábitos para reduzir o consumo e a conseqüente geração.

O artigo 20 da PNRS, institui a necessidade da elaboração do plano de gerenciamento de resíduos sólidos para as empresas da construção civil. A Resolução CONAMA nº 307/2002 especifica o plano como Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) o qual é a principal ferramenta para a gestão dos RCCs (BRASIL, 2002; BRASIL, 2010). Ambas as normas têm como principal ferramenta de controle dos possíveis impactos ambientais a não geração de resíduos e o reaproveitamento dos mesmos (CABRAL et al., 2014).

Tratando-se do setor público em âmbito estadual, tem-se a Lei 9.264/2009, esta que institui a Política Estadual dos Resíduos Sólidos do estado do Espírito Santo. Em seu Artigo 10, inciso III, alínea “a”, fica instituída a proibição da disposição inadequada de qualquer tipo de resíduos no solo. O Art. 27 da referida lei estabelece que (ESPÍRITO SANTO, 2009):

Os geradores estarão obrigados a apresentar o Plano de Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos, em função do porte da geração, característica e volume dos resíduos sólidos gerados ou administrados, natureza do impacto à saúde e ao meio ambiente.

Para tanto, o ente federativo, através da Instrução Normativa do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo (IEMA) Nº 12/2016, afirma que toda atividade geradora dos Resíduos de Construção Civil (RCC) ou RCCs, deverá fazer a gestão de tais resíduos. Isso conforme a Resolução CONAMA nº 307/2002, ou norma que vier a suceder (ESPÍRITO SANTO, 2016).

Destaca-se, pois, que no local do objeto de estudo do presente trabalho, município de Viana, não existe uma política pública específica para o tratamento dos RCCs. Os resíduos são destinados pelos próprios geradores seguindo as diretrizes federais e estaduais. No

município, como medida de controle acerca de tais resíduos, existe o “Disque Sujão”, canal de comunicação da prefeitura com a comunidade o qual faz a fiscalização dos resíduos, resíduos estes deixados nas ruas e logradouros, o que contempla os RCCs. Outra medida de controle instituída para o controle de resíduos destinados em locais inapropriados é através da aplicação de multas e outras penalidades. Em Viana, vigora a Lei nº 3002/2018, responsável por atribuir penalidades como notificações e multas quando se tratar de pessoa física e o cancelamento do alvará de funcionamento e embargo quando se tratar de pessoa jurídica que dispõe resíduos em logradouros públicos como em vias, praças e outros locais de domínio público (VIANA, 2018).

Ao se abordar sobre o setor privado, busca-se encontrar as melhores alternativas economicamente viáveis para tratamento e para destinação dos resíduos gerados, em decorrência disso, também se tem investido em métodos e tecnologias de reaproveitamento de matéria-prima e resíduos gerados. Portanto, a implantação do sistema de logística reversa se difundiu amplamente nos últimos anos uma vez que a mesma busca atribui valor agregado ao material, de forma que ele possa ser reinserido no mercado ou achar novos usos para a reutilização dentro do mesmo processo produtivo (LEITE, 2002).

Desse modo, tanto é de responsabilidade do poder público quanto das empresas privadas buscarem o desenvolvimento de tecnologias para disposição e tratamento dos RCCs. Isso terá como objetivo fomentar e cumprir com as diretrizes e normas estabelecidas no âmbito nacional, estadual e municipal, evitando possíveis danos ambientais.

3.7. Economia Circular e RCCs

Uma das soluções para reestruturar o modelo produtivo é a economia circular. Em geral, propõe-se a reintegração de materiais no ciclo produtivo com o objetivo de minimizar a deposição no meio ambiente e, assim, evitar a geração de impactos ambientais negativos. O circuito fechado proposto tem sido aplicado em diversos processos de fabricação, com crescente documentação na literatura científica, e tem se tornado gradativamente um modelo de gestão ambiental. No entanto, a consolidação do modelo de gestão de resíduos sólidos depende da avaliação econômica, ambiental e de outros parâmetros que possibilitem estabelecer comparações (FOSTER, A.; ROBERTO, S. S.; IGARI, A. T, 2016).

A adoção de práticas da economia circular nas obras de construção civil tem se difundido de modo a diminuir a geração de resíduos durante todo processo de produção. São fomentados

temas do desenvolvimento sustentável como os 5 R's: repensar, recusar, reduzir, reutilizar e reciclar. Esses temas trazem como princípio a valoração ambiental dos resíduos gerados fazendo com que eles possam ter uma finalidade no mesmo processo de produção ou em outro (COSTA et al., 2019).

Dessa maneira, a economia circular tem se apresentado promissora financeiramente tanto para o setor público no corte de custos quanto para o privado com a venda e reutilização dos RCCs. De modo que os resíduos têm se apresentado como alternativa na substituição dos insumos e matérias-primas utilizadas no processo produtivo de um empreendimento. Assim, as iniciativas circulares podem seguir duas vertentes, a *top-down* e a *bottom-up*. A primeira envolve políticas e legislações específicas para a implantação de uma normatização que abarque todo processo produtivo que gere resíduos, trazendo alternativas para o reaproveitamento dos mesmos. Já na segunda são trabalhados modelos que possam facilitar o reaproveitamento e não geração dos resíduos (ESA; HALOG; RIGAMONTI, 2017).

No cenário nacional, as mudanças para um novo sistema econômico de gestão dos resíduos contemplando a economia circular vem acontecendo aos poucos. Isso tem sido desenvolvido através de tecnologias que buscam a reciclagem com maiores graus de eficiência, além da propagação das técnicas de reutilização de coprodutos e resíduos e do conhecimento acerca dos mesmo (COSTA et al., 2019).

Algumas práticas circulares que vem sendo adotadas no cenário nacional podem ser expressas através de projetos como a da *Startup Nossa Casa Planejada*, que surgiu no estado do Tocantins com uma tecnologia que consiste no reaproveitamento dos RCCs e rejeitos de mineração para desenvolver blocos pelo método construtivo modular, facilitando a construção de residências e pequenos prédios com baixo custo de implantação (CE100, 2017).

Outros exemplos de práticas circulares utilizadas na construção civil são:

- Uso de painéis solares nas edificações podendo ser *offshore*, que consiste no lançamento da energia na rede de distribuição da concessionária operante em determinado local ou *onshore* energia destinada para atender diretamente as demandas do empreendimento através de um sistema de baterias e capacitores. Assim, o modelo auto sustentável de energia em específico no modelo *onshore* colabora como prática de economia circular de forma que ela não contribui para o funcionamento das hidrelétricas que têm um

grande impacto ambiental, ademais as placas podem ser recicladas e alguns de seus materiais podem voltar ao ciclo produtivo (NASSA, 2019);

- O investimento nas indústrias de beneficiamento de RCCs que, através da reciclagem, conseguem atribuir valor agregado aos resíduos formulando produtos passíveis de retornar à construção civil. Após o beneficiamento, os resíduos podem retornar ao ciclo produtivo da construção civil como: agregados para construção de meios-fios, briquetes para passeios, material para confecção de blocos bocas-de-lobo, sarjetas, e como base e reforço da sub-base para as atividades de pavimentação (RIBEIRO e MOURA, 2016).

3.8. Formas de reaproveitamento do resíduos de concreto na indústria da construção civil

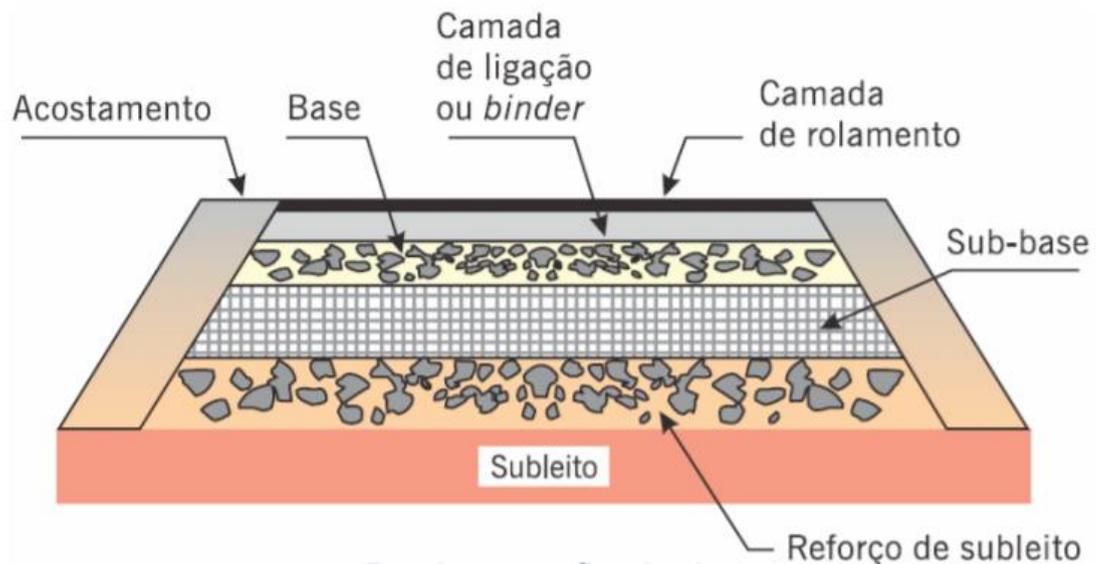
A indústria da construção civil brasileira tem adotado tecnologias para o reaproveitamento dos RCCs podendo gerar grandes bônus com a redução do consumo de matérias-primas, reutilização e reciclagem de materiais, diminuindo o volume de resíduos gerados. Ou seja, tem-se uma diminuição no custo, além de melhorar a imagem da empresa frente aos consumidores (RIBEIRO, 2016).

Um dos possíveis usos dos RCCs se encontra nas obras de drenagem com sua utilização como lastro, ou seja, para serem colocados envolvendo as tubulações visto que possuem maior resistência mecânica quando misturados com solo (GRIGOLI, 2002 *apud* BRITO FILHO, 1999). Outro uso é a utilização dos RCCs na fabricação de argamassa. Destaca-se que em estudo realizado por Jochen (2013) com a moagem do resíduo de cerâmica vermelha obteve-se propriedades melhores como maior compressão e tração em relação a areia comumente utilizada.

Segundo Simieli (2010), os RCCs podem ser utilizados também para a fabricação de concretos não estruturais com a substituição da areia comum pelo resíduo de demolição após ser tratado e atingir a granulometria desejada. Assim, tem-se como produto um concreto 20 a 30% mais barato considerando todos os custos para tratamento do material e com resistência 39,5% superior à média estabelecida pela norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 9781/2013. Assim, tais concretos vêm sendo difundidos com seu uso na pavimentação através da fabricação de asfalto ou piso intertravado através da confecção de mini-blocos. Destaca-se que os RCCs ainda não são utilizados de forma estrutural devido a dificuldade de separação na fonte geradora, causando uma maior heterogeneidade

(SIMIELI, 2010). Outro importante uso dos RCCs na indústria da construção civil é o seu reaproveitamento para preenchimento de base, sub-base ou reforço do subleito nas obras viárias. Tais camadas podem ser representadas conforme a Figura 3.10 (FIGUEIREDO NETO, 2019).

Figura 3.10: Perfil de pavimentação do tipo flexível



Fonte: Figueiredo Neto (2019)

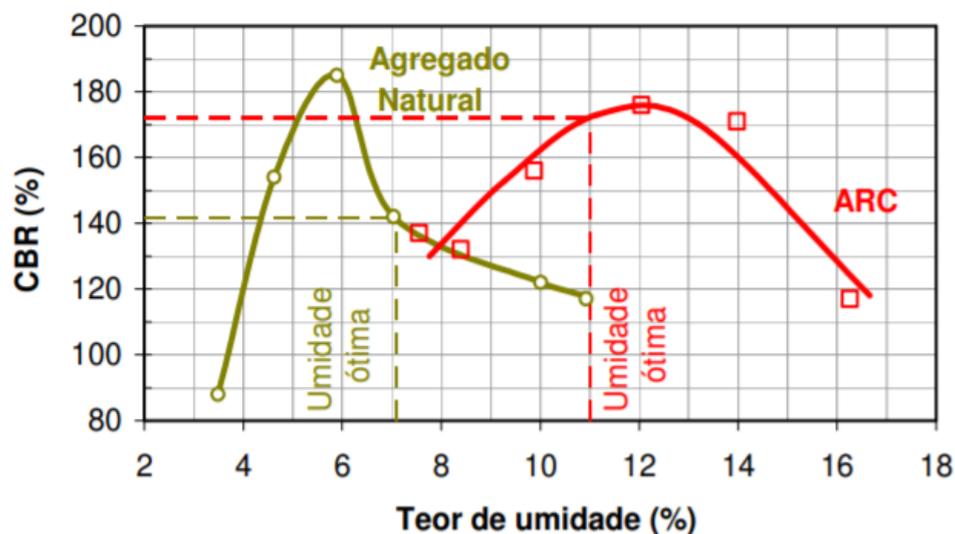
O pavimento flexível é o mais utilizado nos projetos viários devido ao menor preço materiais e implantação. Ele pode ser caracterizado como uma cobertura composta por diversas camadas com a finalidade de distribuir o esforço trazendo conforto à rodagem. As camadas inferiores são descritas como: (FIGUEIREDO NETO, 2019):

- Reforço do Sub-leito: operação destinada a conformar o leito estradal, transversal e longitudinalmente, obedecendo às larguras e cotas constantes das notas de serviço de regularização de terraplenagem do projeto, compreendendo cortes ou aterros até 20 cm de espessura. Os materiais constituintes são solos ou mistura de solos (DNIT 137/2010-ES);
- Sub-base: camada de pavimentação, complementar à base e com as mesmas funções desta, executada sobre o subleito ou reforço do subleito, devidamente compactado e regularizado. Os materiais constituintes são solos, mistura de solos e materiais britados (DNIT 139/2010-ES);
- Base: camada de pavimentação destinada a resistir aos esforços verticais

oriundos dos veículos, distribuindo-os adequadamente à camada subjacente, executada sobre a sub-base, subleito ou reforço do subleito devidamente regularizado e compactado. Os materiais constituintes são solos, mistura de solos e materiais britados (DNIT 141/2010-ES).

Acerca do comportamento mecânico de um agregado de concreto reciclado, é necessário analisar os resíduos conforme alguns parâmetros para sua utilização na confecção dos pavimentos flexíveis. Suas características físicas devem atingir níveis específicos de absorção, densidade, e abrasão. Assim os agregados reciclados de concreto obtiveram resultados satisfatórios no teste Índice de Suporte Califórnia (CBR) conforme NBR 15116 (Grubba, 2009; ABNT, 2004). Segundo Grubba (2009), em seu estudo de caso sobre os agregados reciclados de concreto, obteve-se padrões que atendem a tais normas de acordo com índice de suporte Califórnia, tal que obteve-se a seguinte curva do agregado reciclado de concreto (ARC) reciclado em % do CBR (figura 3.11).

Figura 3.11: Resultados dos agregados em relação aos materiais naturais em testes de suporte Califórnia



Fonte: Grubba (2009).

Após a realização dos ensaios de caracterização física dos RCCs, conforme especificado anteriormente, os agregados atenderam às especificações da NBR 9895 (ABNT, 1987) em relação a umidade de forma que sua umidade ótima contribuisse para o grau de compactação podendo assim ser utilizada nas camadas de base e sub-base e reforço do subleito.

Segundo outro estudo, realizado por Tavares (2008) analisando os agregados reciclados do

tipo RCC classe A recolhidos na cidade de Santa fé do Sul – SP, após o ensaio de granulometria do solo, foi realizado o teste de CBR para medir o grau de compactação utilizando dessa vez uma mistura de agregado reciclado e solo, sendo 70% de material agregado reciclado e 30% de solo onde obteve-se 62% de CBR e 0,5% de expansão, atingindo os valores requeridos na norma descrita na Figura 3.12.

Figura 3.12 Parâmetros da ABNT NBR 15116/2004 para utilização do RCC nas obras de pavimentação.

Aplicação	ISC (CBR) %	Expansibilidade %	Energia de compactação
Material para execução de reforço de subleito	≥ 12	$\leq 1,0$	Normal
Material para execução de revestimento primário e sub-base	≥ 20	$\leq 1,0$	Intermediária
Material para execução de base de pavimento ¹⁾	≥ 60	$\leq 0,5$	Intermediária ou modificada

¹⁾ Permitido o uso como material de base somente para vias de tráfego com $N \leq 10^6$ repetições do eixo padrão de 8,2 tf (80 kN) no período de projeto.

Fonte: ABNT (2004).

Outro exemplo em que se mostrou viável a utilização dos RCCs, foi para compor base, sub-base e reforço do subleito foi através do estudo realizado por Pancieri (2013). No estudo o autor considerou as especificações de peneira conforme a DNIT 141/2010 para o beneficiamento do material agregado. O autor constatou que os valores obtidos pelo método CBR sem a triagem pelas peneiras demonstram um reciclado suscetível à quebra, já os que passaram pela escolha do material e peneirados chegaram a atingir um valor satisfatório dentro da escala do CBR, ressaltando assim a triagem dos RCCs como uma importante etapa para a utilização dos mesmos quando não se tem o resíduo em boas condições de uso.

3.9. Benefícios econômicos e ambientais do reaproveitamento e tratamento dos RCCs

Ainda que pouco difundido, a utilização dos agregados reciclados tem crescido. Estudos realizados por entidades públicas e privadas mostram benefícios econômicos e ambientais. No ano de 2021 segundo o Consórcio Público de Manejo dos Resíduos Sólidos dos Sertões de Crateús no Ceará, o gasto econômico com energia para fabricação de insumos a quaisquer tipos de setores é consideravelmente maior que o gasto econômico com de energia para reciclar visto que grande parte do processamento da matéria-prima já foi feito na etapa de produção (CEARÁ, 2021). Ou seja, analisando o parâmetro energético, é mais viável

economicamente produzir a partir de uma matéria reciclada do que a partir de uma matéria-prima virgem. Um estudo feito em Vitória – ES obteve-se como resultado a economia de 14% no consumo de energia. O valor pode parecer baixo, mas em grandes obras representam um grande volume de resíduos que passam a ser utilizados (JASTRO, J. D.; OLIVEIRA, L. S.; TEIXEIRA, T. L, 2021).

No ano de 2021, a indústria da construção civil teve seu custo de produção impactado com o aumento de mais de 20% no custo da energia da bandeira vermelha, uma vez que aproximadamente 50% do valor atribuído ao aço é representado pelo consumo energético (CEARÁ, 2021; CBIC, 2021c).

A principal forma de reutilização dos RCCs é como agregado, ou seja, ele vem como substituição da matéria-prima virgem. Desse modo, no processo produtivo civil, após os RCCs passarem por um estudo de características físicas e mecânicas para respaldar seu uso, passam pelo processo de trituração e britagem onde adquirem faixas de granulometria específicas podendo ser comercializados e utilizados para substituir areia, brita, pedrisco ou bica corrida. Essa matéria-prima poderá servir para fabricar produtos de base para a construção civil como tijolos, blocos de cimento, entre outros. Destaca-se que para a produção de agregados reciclados a partir dos RCCs pode ser até de 80% mais econômica em relação aos custos envolvidos na produção de de agregados convencionais a exemplo, o processo de mineração da brita (CAMOLEIS, L.C; BUENO. J.R.P; SILVA, J.H.N, 2015; GRADIN E COSTA, 2009).

Assim, para a produção de pré-fabricados não estruturais como blocos intertravados para a pavimentação, com a utilização dos agregados reciclados e outras peças utilizadas no setor da construção civil estima-se uma economia de até 70% em comparação a produção de tais peças a partir de matéria-prima virgem. Tal relação pode variar dependendo dos custos indiretos da tecnologia usada nas instalações de reciclagem do custo dos materiais comuns e do custo do processo de reciclagem do usado (CAMOLEIS, L.C; BUENO. J.R.P; SILVA, J.H.N, 2015).

Segundo REA (2005) ao avaliar a construção de um muro utilizando tijolos ecológicos tendo em sua composição o agregado dos resíduos de construção oriundos de uma usina de beneficiamento na cidade de Ribeirão Preto no estado de São Paulo, observou uma economia estimada em 50,42% no custo total da aquisição do tijolo ecológico em relação ao bloco de

concreto convencional, no estudo realizado tal valor foi representado pela economia de R\$ 145,10 por metro construído.

Além do benefício econômico, há também o benefício ambiental envolvendo o reaproveitamento dos RCCs, segundo Cabral et al. (2015), com a grande utilização de matérias-primas na produção dos insumos necessários ao processo construtivo, o principal benefício em decorrência da reutilização ou reciclagem dos RCCs é o menor uso de matéria-prima uma vez que os agregados gerados conseguem substituir o uso do agregado virgem.

Além da redução do uso de matérias primas virgens, há também a redução do consumo de energia no processo de produção dos insumos, com destaque para a indústria cimenteira e redução do volume de resíduos a serem destinados. Conti et al (2014), afirma que a reutilização e reciclagem dos RCCs aproximam a construção do conceito de desenvolvimento sustentável, sendo esses processos que geram mudanças também na exploração dos recursos naturais, investimentos e desenvolvimento tecnológico (CONTI et al, 2014; LOPES, 2015).

4. METODOLOGIA

4.1. Caracterização do empreendimento

A área do empreendimento previamente era de uma companhia de produção ferro gusa, ao qual foi desativada. Na área havia grande quantidade de escória oriunda dos auto-fornos da atividade. O terreno foi adquirido pela empresa objeto do presente estudo em meados de 2019. A empresa atua na incorporação, construção, comercialização e gestão de condomínios logísticos, incorporação de empreendimentos e execução de galpões *Built to Suit* (BTS) que são galpões sob medida, fabricados conforme especificidades definidas pelo cliente. A obra com duração média de um ano começou no fim de abril de 2021 e tem previsão de término para fim de abril de 2022.

Assim, após a implantação do empreendimento, a estrutura poderá ser locada para diversas atividades como as descritas abaixo segundo o Código Nacional de Atividades Econômicas CNAE (CONCLA, 2022):

- 52.50-8 Atividades relacionadas à organização do transporte de carga;
- 52.11-7 Armazenamento;
- 52.12-5 Carga e descarga.

A área de implantação do empreendimento estará situada no município de Viana no Espírito Santo, este banhado pela bacia hidrográfica do Rio Jucu, coordenadas geográficas UTM: Latitude 7748038.19 m S e Longitude 351885.99 m E, Zona 24 K (Figura 4.1).

Figura 4.1: Mapa de localização do empreendimento



Fonte: Autoria própria (2021).

Segundo o Instituto Capixaba de Pesquisa e Assistência Técnica e Extensão Rural (2014), o município de Viana possui clima tropical chuvoso de monção com fortes chuvas de outubro a março. Pelo fato de a cidade de Viana não ser litorânea, além de estar localizada perto a algumas formações rochosas de maior altitude, a temperatura média do período mais frio é em torno de 15°C e a do período mais quente em torno de 34°C, sendo que a pluviosidade pode ser inferior a 60 mm no mês mais seco. Destaca-se ainda que o município possui predominância de sua vegetação no bioma mata atlântica (ESPÍRITO SANTO, 2020; ESPÍRITO SANTO, 2014).

Após finalizado, o projeto ficará com o layout conforme figura 4.2, com área total de 158.003,734 m², sendo 65.705,076 m² de área destinada à construção do galpão.

Figura 4.2: Layout do galpão a ser construído



Fonte: Empresa (2021).

Para tanto, no processo de construção do galpão, foi realizada a demolição de algumas estruturas pré-existentes. Destaca-se que uma parte começou a ser utilizada para estabilização das vias que compõem o projeto viário. A disposição de tal tipo de RCC pode ser feita em aterros próprios, destinados para receber o referido resíduo ou por vezes, de maneira irregular, através da disposição final em “bota-foras”, causando prejuízos à população, ao meio ambiente e aos cofres públicos.. Assim, analisando as possibilidades de não somente dispor os resíduos para armazenagem, mas para reaproveitamento dos RCCs, foi avaliada a gestão dos mesmos bem como benefícios econômicos e ambientais gerados a partir da aplicação de tal estratégia.

4.2. Coleta de Dados

4.2.1. Dados De Demolição

Para execução da pesquisa, foram solicitados à engenheira responsável pela obra em visita à localidade em junho de 2021, os dados referentes à geração dos resíduos, bem como um levantamento prévio das estruturas pré-existentes. Assim, inicialmente foram levantadas as dimensões das estruturas para a contratação do serviço de demolição (Tabela 4.1) e também uma estimativa dos resíduos a serem gerados durante a fase de instalação do empreendimento (Tabela 4.2). Os dados obtidos referem-se a junho de 2021.

Tabela 4.1: Volume das estruturas demolidas – Obra de Viana 2021

Local	Área (m²)	Altura (m)	Volume (m³)
Guarita 1	16,80	5,50	92,40
Guarita 2	27,60	3,60	99,36
Guarita 3	108,00	3,50	378,00
Edificação 1	188,18	3,00	564,54
Dormitório 1	418,00	2,07	865,26
Dormitório 2	72,04	5,83	419,99
Dormitório 3	52,90	2,90	153,41
Refeitório	224,20	3,30	739,86
Balança	80,00	7,93	634,40
Manutenção	458,60	4,45	2.040,77
Galpão	312,00	6,15	1.918,80
Banheiro 1	42,30	3,02	127,75
Banheiro 2	282,63	3,00	847,89
Laje	70,10	1,79	125,48
Muro	10,05	1,86	18,69
Base Metálica	159,22	3,50	557,27
Estrutura Concreto	389,68	6,92	2.696,59
Galpão 2	1.561,00	3,30	5.151,30
Galpão 1	1.245,85	3,30	4.111,31
Galpão	191,42	4,62	884,36
Casa 1	34,03	5,62	191,25
Casa 2	17,75	2,76	48,99
Estrutura Redonda	5,39	2,50	13,48
Total	5.967,74	90,42	22.681,14

Fonte: Empresa (2021)

Tabela 4.2: Estimativa de tipo e quantidades de RCCs gerados – Obra de Viana 2021.

Material	Volume (m³)	Volume (%)
Concreto	20.000,00	98,73
Aço	50,60	0,25
Vidro	5,00	0,02
Madeira	200,00	0,90
Total	20.255,60	100,00

Fonte: Empresa (2021)

Assim, dos RCCs gerados após a fase de demolição foi escolhido o concreto para que seja feito um estudo mais aprofundado por ser ele o material mais abundante nas estruturas demolidas. Tal escolha foi feita baseada na necessidade de abertura de novas vias no projeto e com base no conhecimento prévio da engenheira responsável sobre a possibilidade de seu reaproveitamento quanto às características mecânicas e físicas do material para a deposição na forma de reforço do subleito no pavimento flexível a ser utilizado.

A análise para uso do material foi feita de forma visual e através da ciência das estruturas que ali estavam ao qual foi constatado que se tratava de concreto estrutural para armação visto que grande parte era proveniente de paredes, colunas e outros elementos da construção civil que exigia tal armação. Assim, tomando como base referências bibliográficas como Simieli (2010), BRIGOLI (2002) e ABNT (2004) que trazem resultados e especificações para preenchimento do leito e subleito para abertura de vias, optou-se por realizar o tratamento com britagem dos RCCs de forma a reduzi-los ao tamanho que pode variar de 50 mm e outros tamanhos, conforme passagem na tela de peneira estipulada pela (ABNT, 2005). Após o tratamento, tais resíduos assumiram a nomenclatura de bica corrida uma vez que se encontrava ali diversos tamanhos de agregados.

Para tal demanda, foi contratado o serviço de um britador que fez o serviço de trituração de todo o volume das estruturas, gerando 4.579,38 m³ de resíduo de demolição, esse resíduo foi gerado em decorrência da necessidade de limpeza do terreno para a execução das obras de terraplenagem (figuras 4.3 e 4.4).

Figura 4.3: Etapa de britagem de RCCs da obra de Viana - ES



Fonte: Empresa (2021)

Figura 4.4: Material britado após processamento na obra de Viana - ES



Fonte: Empresa (2021).

Destaca-se que para o cálculo da estimativa do volume de resíduo, foi multiplicado o número de viagens pelo volume da caçamba e para mensuração da massa foi utilizada a técnica denominada “cubagem” que pode ser expressa através da mensuração do tamanho da caçamba do caminhão que era do tipo *Roll-on*. A quantidade de resíduo gerada foi obtida pela multiplicação do volume da caçamba, 16,4 m³, pela massa específica do resíduo de demolição, aproximadamente 1300 Kg/m³ segundo Vasconcelos (2015), e a quantidade de viagens necessárias para transporte (Equação 1).

$$P = N * \rho * V \quad \text{Equação 1}$$

Tal que:

N = Número de viagens: 279 viagens (Dado informado pelo setor de engenharia da obra)

ρ = Massa Específica dos RCCs de Concreto: 1300 kg/m³

V = Volume da Caçamba Roll-On: 16,4 m³

P = Massa total dos RCCs.

4.2.2. Levantamento de custos financeiros evitados com o material gerado

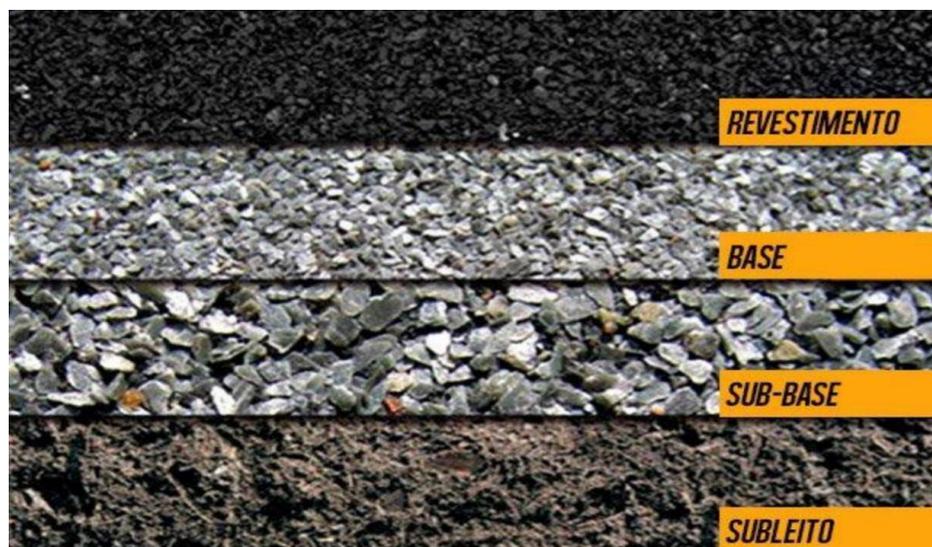
Na obra de implantação do galpão logístico, tem-se como uma das principais etapas na instalação, a abertura de vias. Para o presente estudo, foram analisados os custos evitados com a possibilidade de se reutilizar o material para tal etapa. Destaca-se que não houve acesso aos testes mecânicos uma vez que o serviço era terceirizado e os dados não podiam ser repassados por cláusulas contratuais. De acordo com a empresa, os agregados foram

utilizados para reforço do subleito, sendo a primeira camada a ser feita.

Com base nos dados de resíduos gerados, desenvolveu-se a análise dos custos financeiros evitados com o reaproveitamento dos resíduos de construção civil, em específico os resíduos de concreto oriundos do processo de demolição. O reaproveitamento *in situ* pode variar de acordo com o tipo de resíduo e com o tipo de obra a ser executada.

Foram implantados no empreendimento pavimentos flexíveis, ou seja, onde não há armação, apenas o processo de compactação de diferentes camadas de solo, conforme Figura 4.5.

Figura 4.5: Exemplificação das camadas da pavimentação a ser utilizada no empreendimento.



Fonte: Teixeira e Meira (2018).

Em um levantamento de informações realizado mediante visita a obra, foi repassado que o uso do agregado reciclado se deu como reforço do subleito em decorrência das chuvas, uma vez que o local de passagem do viário começaria a ser utilizado. Assim, o agregado reciclado teve como função compor o reforço do subleito atendendo as especificações contidas nas normas do DNIT 137/2010, 139/2010 e 141/2010, DNER 035/98 e NBR's 15115/2004, 15116/2004 e 9895/1987, além de auxiliar na estabilização dos acessos das máquinas na execução do projeto viário. Complementarmente, foram analisados também os impactos ambientais evitados em relação à emissão de gases de efeito estufa.

Em visita técnica realizada à obra constatou-se que foi contratado pelo período de 75 dias um triturador com capacidade de britar aproximadamente 60m³/dia considerando uma jornada de trabalho de 8 horas, tal britador foi contratado considerando a necessidade de se

fazer o reforço do subleito na entrada da obra para que venha a se acelerar o pavimentação na via de entrada da obra visando impedir junto a drenagem a saída de sedimentos do *site*. O tratamento ao RCC foi feito de forma que obtivesse como resultado um produto com propriedades semelhantes à da bica corrida com tamanho variando entre 25 e 50 milímetros. Tal material, segundo a empresa de terraplenagem responsável pela obra, foi utilizado para composição para reforço do subleito na pavimentação das vias a serem abertas no empreendimento, sendo a primeira camada da pavimentação conforme perfil de solo descrito na Figura 17. De acordo com a empresa, os testes realizados apresentaram o Índice de Suporte Califórnia (CBR) superior a 60% como prezam as NBR 15115/2004 e 15116/2004, porém em decorrência de algumas cláusulas contratuais, não foram obtidas mais informações.

Para estimativa dos custos evitados com o reaproveitamento dos resíduos de demolição considerou-se a economia gerada pela não compra de bica corrida e pela não disposição final do resíduo gerado no Centro de Tratamento de Resíduos de Vila Velha (CTRVV) (Equação 2).

$$CFE = Q_b * C_b + Q_r * C_t + Q_r * C_a \quad \text{Equação 2}$$

Em que:

CFE: Custo financeiro evitado (R\$);

Q_b : Quantidade de bica corrida (m^3);

C_b : Preço médio da bica corrida (R\$/ m^3);

Q_r : Quantidade de resíduos gerado (m^3);

C_t : Custo com o transporte do resíduo (R\$/ m^3);

C_a : Custo com o não aterramento do resíduo (R\$/ m^3).

Deste modo, foram considerados para o cálculo:

- **Custo evitado com aquisição de material:** Foi realizado um levantamento na região sobre o valor da bica corrida através das ligações para empresas do ramo. O valor médio obtido foi igual a R\$ 78,00 por m^3 de bica corrida. Destaca-se que todas as empresas levantadas se encontram na região metropolitana de Vitória, Espírito Santo.

Porém, foi informado pela empresa responsável pela obra que a bica corrida poderia ser negociada a R\$ 60,00/m³, conforme grande volume. Assim, foi escolhido esse valor para estimar o valor economizado com a aquisição de materiais.

- **Custo evitado com o transporte dos resíduos ao CTRVV:** O custo evitado com o transporte do resíduo foi estimado considerando o custo com caminhão e motorista ao Centro de Tratamento de Resíduos de Vila Velha (CTRVV), local onde segundo o Plano de Gerenciamento de Resíduos do Espírito Santo (ESPÍRITO SANTO, 2019a), os RCCs devem ser dispostos. Foi considerado que os resíduos seriam levados por caminhão toco com capacidade de transporte de 16,4 m³. Considerando o volume de RCCs gerados informado que é de 4.579,38 m³, resultou-se, assim, num total de 279 viagens. O custo com viagem considerado foi de R\$120,00.
- **Custo evitado com o não aterramento dos resíduos:** Para o referido cálculo foram levantados o preço de disposição final no Centro de Tratamento de Resíduos de Vila Velha (CTRVV) por tonelada de resíduo da construção civil. O contato com o CTRVV foi feito através de ligação telefônica ao qual foram mencionados a massa total dos RCCs, definido pela multiplicação do volume total de RCCs gerados pela massa específica do material, (cerca de 5953 toneladas de RCCs). A cotação de tal material foi feita na data de 25 de agosto de 2021 e foi informado o preço de R\$ 70,00 por tonelada.

4.2.3. Custos com tratamento do resíduo

Por outro lado, houve dispêndios relacionados ao tratamento do resíduo. Destaca-se que o custo com a análise do material não foi incluído uma vez que o mesmo já estava cotado dentro das análises do laboratorista. Assim tem-se custos referentes ao aluguel do equipamento e operador calculados conforme Equação 3, sendo:

- **Gasto com operador de máquina:** Para estimar o gasto com o operador do britador foi solicitado ao setor de engenharia da empresa algumas informações presentes no contrato com a empresa de demolição. O valor pago pela hora trabalhada foi de R\$ 8,50 e a carga horária trabalhada foi de 75 dias úteis, equivalente a 600 horas;
- **Gasto com aluguel de britador móvel:** Foi informado por meio do setor da engenharia que o valor da hora da máquina saiu a R\$ 125,00 sendo incluídos nesse valor o preço do combustível para o funcionamento da máquina e manutenções

preventivas. Foi informado que a máquina operou ininterruptamente durante a jornada prevista que foi de 600 horas;

$$CT = \Sigma C_H \cdot T \quad \text{Equação 3}$$

Em que:

CT: Custo total com tratamento do resíduo (R\$);

C_H: Custo do operador ou britador (R\$/hora);

T: tempo de operação (horas)

4.2.4. Balanço da emissão de gases de efeito estufa

Dado os impactos ambientais gerados pela indústria cimenteira, é de suma importância que tal material volte ao ciclo produtivo na indústria da construção civil. Assim, estimou-se a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) evitada com a reutilização dos RCCs para reforço do subleito. Para isso, foi utilizada a ferramenta de cálculo denominada *Greenhouse Gas (GHG) Emission Calculation Tool* versão 2022. A ferramenta possibilita estimar as emissões de GEE levando em consideração parâmetros como: emissão de GEE pela combustão estacionária e móvel, gases refrigerantes fugitivos e outros. (GREENHOUSE GAS PROTOCOL, 2021).

Desse modo, as emissões de GEE foram estimadas em duas partes:

- 1) Emissões evitadas de GEE oriundas da extração da matéria-prima virgem e transporte evitado do material até a obra e do resíduo ao aterro;
- 2) Emissões de GEE geradas pelo reaproveitamento do resíduo na obra, a partir do consumo de combustível de maquinário (britador).

Para a quantificação de CO₂ emitido para as fontes fixas ou estacionárias foram requeridas pela ferramenta da GHG Protocol os seguintes parâmetros:

Dados necessários:

1. Tipo de combustível;

2. Uso de combustível;
3. Unidades de uso (volume ou peso).

4.2.4.1. Emissões de GEE evitadas da extração de matéria-prima virgem

Como a utilização do material é exclusivamente para reforço do subleito e base substituindo a bica corrida pelo agregado reciclado levou-se em consideração apenas o CO₂ emitido durante o processo de extração mineral da matéria-prima vigem, em específico a brita. Para a quantificação das emissões evitadas de GEE acerca da atividade de extração de e aplicação da brita, foi considerado a proporção trazida por Medeiros (2018) que é de 22,62 Kg de CO₂ por m³. Assim, considerando que foram utilizados completamente todo os agregados produzidos estimou-se as emissões de CO₂ evitadas conforme Equação 5:

$$EE = FE_c * \theta \quad \text{Equação 5}$$

Tal que:

EE: Emissão evitada de CO₂ pela extração mineral;

FE_c: Fator de emissão do calcário em kg de CO₂/kg de calcário extraído;

θ: kg de agregados reciclados produzidos.

Para o cálculo da emissão evitada pela mineração da brita, levou-se em conta todo volume gerado de agregado reciclado.

4.2.4.2. Emissões de GEE Pelo Consumo de combustível do maquinário (britador)

Quanto ao cálculo de CO₂ emitido pelo consumo de Diesel do britador, foram necessárias levantar a quantidade de horas trabalhadas e o quanto de combustível a máquina consome. O consumo foi de 10,81 litros por hora de Diesel e foram 600 horas trabalhadas. Verifica-se que o britador foi classificado como fonte estacionária uma vez que ele tinha seu funcionamento fixo em um mesmo local com um consumo regular de combustível. Assim ele teve seus dados imputados na ferramenta GHG Emission Calculation Tool utilizando-se a equação 6:

$$EC = \alpha * FE_o \quad \text{Equação 6}$$

Tal que:

EC: Emissões contabilizadas;

α : Consumo de combustível, em litros;

FE_o: Fator de emissão GEE para óleo Diesel.

Para a quantificação de CO₂ emitido para as fontes móveis foram requeridas pela ferramenta da GHG Protocol os seguintes parâmetros:

Dados necessários:

1. Combustível total usado por cada veículo;
2. Distância total percorrida por cada veículo;
3. Eficiência de combustível de cada veículo.

Assim, para o estudo de caso foram analisados os seguintes parâmetros:

4.2.4.3. Emissões de GEE evitadas pelo transporte da brita e resíduos

Para tal parâmetro foi considerada a distância entre o fornecedor da brita mais barata encontrada e a obra. Deste modo, a distância encontrada de ida e volta calculada pelo Google Maps® foi de 42,2 km levando em consideração a distância mais curta entre a obra e a fornecedora. Já para o transporte dos RCCs ao CTRVV, a distância é de 53 km utilizando-se o caminho mais curto. Para o consumo foi considerado segundo o Guia do Transportador (2013) uma média de consumo de 3,36 km/L de diesel a uma velocidade média de 80 Km/h, em sua maior parte em rodovia (tabela 4.3). Assim para o cálculo das emissões evitadas tem-se a equação 7:

$$EEt = L * FE * N \quad \text{Equação 7}$$

Tal que:

EEt: Emissões evitadas com transporte, em tCO_{2e};

L: distância em Km;

FE: Fator de emissão, em kgCO_{2e}/L;

N: Número de Viagens.

Para tal resultado foram considerados os seguintes parâmetros:

Tabela 4.3: Dados de deslocamento foram evitados

Itens	Valores
aterro – ida e volta (Km)	26,50
Mina – ida e volta (Km)	42,20
Consumo de combustível (Km/l)	03,36
Viagens de caminhão necessárias	279,00

Fonte: Autoria própria (2021).

4.2.4.4. Balanço econômico e de emissões de GEE

Assim, para o cálculo do balanço considerou-se as emissões de CO_{2e} (quantidade da gás em termos de CO₂ considerando o seu potencial poluidor) que deixaram de ser geradas e as emissões efetuadas (Equação 8).

$$BE = EE - EC \quad \text{Equação 8}$$

Tal que:

BE: Balanço de emissões, em tCO_{2e};

EE: Emissões evitadas, em tCO_{2e};

EC: Emissões contabilizadas, em tCO_{2e}.

Posteriormente, o montante de emissões foi multiplicado pelo preço do crédito de carbono cotado na [B]³ (Bolsa Balcão do Brasil) a fim de precificar a emissão de GEE evitada (Equação 9). O preço da tonelada de carbono considerado para análise foi obtido na Bolsa de Valores de São Paulo (B3), no dia 12/01/2022, igual a 80,51 euros/tCO_{2e} (Investing, 2022), e considerou-se a cotação do euro no presente dia igual a R\$ 6,17 (Equação 9):

$$CEE = BE * CC \quad \text{Equação 9}$$

Tal que:

CEE: Custo evitado com a não emissão de GEE, em reais;

BE: Balanço de emissões, em tCO_{2e};

CC: Preço da tonelada de carbono, em reais.

Ao final, somou-se os custos financeiros e de emissão evitados, compondo o custo total evitado com a reutilização dos resíduos de obra conforme as tabelas 8 e 12.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Custos e emissões de GEE evitados com o reaproveitamento do resíduo

A partir do reaproveitamento de RCC realizado pela empresa obteve-se 5,95 quilotoneladas de agregado reciclado aos quais foram completamente utilizados, sendo equivalentes a 4.579,38 m³ de material reciclado britado de características semelhantes à bica corrida. Assim, analisando os métodos de quantificação acerca do custo e emissão de GEE evitados, se chegou aos resultados descritos a seguir.

5.1.1. Custo e emissão de GEE evitados com a compra de material

A partir do reaproveitamento do resíduo gerado na obra, evitou-se a compra de brita para reforço do subleito. Assim, sabendo-se que todo o material seria utilizado considerou-se o volume de RCCs gerados como o de bica-corrida, visto que os RCC's após a britagem assumem propriedades geométricas semelhantes. Desse modo foi multiplicado o volume gerado de RCCs pelo preço da bica-corrida, resultando numa economia de R\$ 275.762,80 (Tabela 5.1).

Tabela 5.1: Custo evitado com aquisição de brita

Itens analisados	Economizado com material	
	Valor	Unidade
Volume de RCCs gerados	4.579,38	m ³
Preço do m ³ de Bica Corrida	60,00	R\$/m ³
TOTAL 1	274.762,80	R\$

Fonte: Autoria própria (2021).

5.1.2. Custo e emissão evitados com o transporte do resíduo até o CTRVV

Devido ao grande volume de resíduos de demolição gerados, seriam necessárias 279 viagens até o CTRVV que, além de representarem custo financeiro de transporte, geram a emissão de GEE devido à combustão móvel. Deste modo, o reaproveitamento do resíduo de construção gerou economia de R\$33.480,00 (Tabela 5.2).

Tabela 5.2: Custo evitado com o transporte dos RCCs ao Aterro Capacitado a receber tal material

Itens analisados	Economizado com logística	
	Valor	Unidade

Preço por viagem de caminhão para aterro	120,00	R\$/Viagem
Quantidade de deslocamentos ao aterro necessárias	279	Viagem
TOTAL 4	R\$	33.480,00

Fonte: Autoria própria.

5.1.3. Custo evitado com a não disposição final do resíduo em aterro

Com o reaproveitamento dos RCCs gerados na pavimentação, por não haver a necessidade do transporte do resíduo para o aterro, gera uma economia de R\$ 416.723,58 pelo não aterramento do mesmo, conforme Tabela 5.3. Destaca-se que não foram contabilizados o consumo de combustível na circulação interna dos caminhões, visto que a estrutura demolida se encontrava a uma distância muito pequena do local de britagem dos RCCs.

Tabela 5.3: Custo evitado com a não disposição final

Itens analisados	Economizado com disposição final	
	Valor	Unidade
Volume de RCD's gerados	5953,19	Toneladas
Preço do m ³ destinado ao Aterro Sanitário	70,00	R\$/Toneladas
TOTAL 5	R\$	416.723,58

Fonte: Autoria própria (2021).

5.2. Custos e emissões relacionadas ao tratamento do resíduo

O custo conjunto do tratamento dos RCCs através da locação de um britador móvel e serviço para operar a máquina ficou em R\$ 80.100,00. O maior custo do investimento total necessário ao tratamento dos resíduos, foi do aluguel do britador representando 84,47% do custo total conforme tabela abaixo.

5.2.1. Custo com operador do britador

Mesmo sendo um equipamento que não é do uso corriqueiro na obra terraplenagem como escavadeiras, retroescavadeira, rolos e outros, o britador pode ser operado por profissional que tem a mesma qualificação que um operador de retroescavadeira, gerando um custo mais baixo para a operação da máquina. O custo levantado através da equação 3 foi de R\$ 5.100,00 para um serviço de 75 dias. Observa-se que segundo o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (2022), sua atualização é mensal e corresponde ao custo do metro quadrado na construção civil incluindo materiais, equipamentos e mão de

obra. Para atividade "01.SERP.DERE.010/01", em questão a base de cálculo foi de 0,1740. De forma mais clara o salário do operador pode variar de R\$ de 2 a 3 mil reais aproximadamente, valor superior ao pago pela empresa (GLASSDOOR, 2022; SINAPI, 2022) (Tabela 5.4).

Tabela 5.4: Custo com operador do britador

Itens analisados	Gasto com operador de maquinário	
	Valor	Unidade
Custo por hora trabalhada do operador	8,5	R\$/hora
Jornada	600	Hora
TOTAL 2	R\$	- 5.100,00

Fonte: Autoria própria, 2021.

5.2.2. Custo com aluguel de britador móvel

Com base na experiência da Engenheira local de ter executado tal reaproveitamento dos RCCs na pavimentação em outra obra e com base na literatura, optou-se pelo aluguel de um britador. Destaca-se que embora o preço do aluguel (hora-máquina) fosse mais oneroso em comparação com, por exemplo uma escavadeira, que pode ser alugada por até R\$ 90,00/hora, conforme dados disponibilizados pela empresa, apenas um britador conseguiu suprir a demanda da obra. De acordo com a empresa, a máquina não teve avaria por se tratar de um equipamento novo. Assim, foi gasto com o britador R\$ 75.000,00, sendo esse o maior custo do tratamento de resíduos. Além disso, foram emitidas 17,49 toneladas de CO_{2e} (Tabela 5.5).

Tabela 5.5: Custo com aluguel de máquina

Itens analisados	Gasto com aluguel de máquina (Britador)	
	Valor	Unidade
Custo por hora trabalhada da máquina	125,00	R\$/hora
Jornada	600,00	Hora
TOTAL 3	R\$	- 75.000,00

Fonte: Autoria própria (2021).

Ao levar em consideração apenas os custos financeiros evitados sem levar em conta o CO_{2e} que deixou de ser emitido, utilizando a Equação 2, observa-se uma economia total de R\$ 644.836,38. Verifica-se que o valor é elevado e representa cerca de 0,64% do orçamento total da obra que, apesar de parecer uma pequena porcentagem, representa um grande número devido ao tamanho da obra. Destaca-se que toda a economia gerada pela não

disposição final do resíduo no CTRVV representou 65% do custo total evitado.

O custo evitado para a empresa também contribuiu de forma positiva em sua imagem visto que se trata de uma empresa de capital aberto possuindo diferentes tipos de investidores, trazendo mais competitividade no mercado uma vez que um dos parâmetros analisados hoje na compra de ações das grandes empresas é o *Environmental, Social and Governance* (ESG).

5.2.3. Balanço de emissões de GEE

A partir das equações de 5 a 9 descritas na metodologia e com base na ferramenta *GHG Emissions Calculation Tool*, pode-se estimar as emissões de GEE geradas e evitadas com o reaproveitamento dos RCCs (tabela 5.6).

Tabela 5.6: Tabela de Resumo de Custos

Itens analisados	Balanço Econômico do Reaproveitamento		Balanço econômico e das emissões de GEE	
	Valor	Unidade	Composição do custo (%)	Total
Custo por hora trabalhada da máquina	125	R\$/hora	84,47%	R\$ 88.788,12
Jornada	600	Hora		
Custo por hora trabalhada do operador	8,5	R\$/hora	5,74%	
Jornada	600	Hora		
Emissões	17,49	(t CO ₂)	9,79%	
Crédito de Carbono	496,75	R\$/Crédito de Carbono		

Fonte: Autoria própria (2022).

5.2.3.1. Emissões de GEE evitadas da extração de matéria-prima virgem

Para o cálculo da emissão evitada pela mineração de brita, levou-se em conta todo volume gerado de agregado reciclado. Assim, imputando os dados na ferramenta, obteve-se 102,39 tCO₂ que deixaram de ser emitidas na atmosfera, ou seja, cerca de 17,2 Kg de CO₂ por tonelada de brita extraída. Dentro do balanço de emissões, esse é o maior valor representando 90,6% do total de emissões evitadas.

Salienta-se que, analisando o estudo de Baltar e Silva (2019) que, ao avaliar o ciclo de vida do concreto contido nos agregados demolidos, observou-se uma emissão de 560 Kg de CO₂ por tonelada de cimento produzida para compor o agregado, valor bem maior que o da

extração de brita. Deste modo, a reciclagem do material produz um impacto ambiental significativamente positivo na cadeia de suprimentos da construção civil, uma vez que o material encontra outra finalidade de uso, além de se deixar de emitir CO₂ com a extração de brita.

5.2.3.2. Emissões de GEE pelo consumo de combustível do maquinário (Britador)

Em comparação com o consumo de óleo diesel, do transporte evitado, tal consumo foi 1,65 vezes maior. Esse é um grande volume de consumo, assim é necessário sempre se atentar ao tamanho da obra e a quantidade de RCCs que serão reaproveitados para que o seu uso não tenha tanta interferência no balanço de emissões de CO₂ da obra. O consumo representa 62,2% do total de óleo diesel contabilizados na reutilização dos 4.579,38 m³ de RCCs. Destaca-se que para os períodos de trabalho da máquina foram consumidos 6.486 litros de diesel e emitidas 17,49 toneladas de CO₂ (figura 5.1).

Figura 5.1: Quantidade de CO₂ gerada pelo consumo de combustível do britador fornecida pela ferramenta do GHG

S1 - Mobile Combustion										
Includes fuel consumption by vehicles that are owned or leased by the company. Combustion of fossil fuels in vehicles (including cars, trucks, planes, and boats) emits carbon dioxide, methane, and nitrous oxide into the atmosphere.										
Data required: Two of the following: 1. Total fuel used by each vehicle 2. Total distance traveled by each vehicle 3. Fuel efficiency of each vehicle										
$Emissions_{GHG, fuel} = Fuel\ Consumption_{fuel} * Emission\ Factor_{GHG, fuel}$										
<ul style="list-style-type: none"> This calculation uses EPA emission factors by default Activity type can either be in the form of fuel used, distance traveled, or custom emission factors 										
Year	Description	Facility ID	Activity Type	Fuel Source	Vehicle Type	Activity Amount	Unit of Fuel Amount	Emissions (tonnes) CO ₂ (tonnes)	Emission Factor EF (kgCO ₂ e/unit)	Emission Factor Source
2021	Britador	1	Fuel Use	Diesel Fuel	Other Diesel Non-Road Vehicles	6486	L	17,494	10,295	EPA, "Emission Factors for Greenhouse Gas Inventories", March 9, 2018 (https://www.epa.gov/climateleadership/center-corporate-climate-leadership-ghg-emission-factors-hub), WRI, GHG Protocol -

Fonte: Autoria própria (2021).

5.2.3.3. Emissões de GEE evitadas pelo transporte da brita e resíduos

Em relação aos transportes evitados, foram consumidos um total de 7905 litros de diesel, tendo uma emissão total de 21,32 toneladas de CO₂, conforme figura abaixo. Destaca-se que, além desses benefícios, deixou-se de percorrer 13.233 km o que fez com que se consumisse menos pneus, além de ter ocasionado menos desgaste nas peças do caminhão, resultando em um impacto ambiental positivo ainda maior (Figura 19).

Deste modo, considerou-se o consumo de 7905 litros de diesel pelos caminhões conforme tabela abaixo e conseqüentemente evitou-se a emissão de 21,32 toneladas de CO₂ conforme

figura 5.8.

Tabela 5.7: Dados de consumo total dos caminhões em Litros

Transporte	Volume (L)
Caminhões que fariam o transporte do RCC da obra ao aterro e do aterro a obra	4400,89
Caminhões que fariam o transporte da brita da mina à obra e da obra à mina	3504,11
Total	7905,00

Fonte: Autoria própria, 2021.

Tabela 5.8: Quantidade de CO₂ gerada pelo consumo de combustível dos caminhões

<p>Includes fuel consumption by vehicles that are owned or leased by the company. Combustion of fossil fuels in vehicles (including cars, trucks, planes, and boats) emits carbon dioxide, methane, and nitrous oxide into the atmosphere.</p> <p>Data required: Two of the following: 1. Total fuel used by each vehicle 2. Total distance traveled by each vehicle 3. Fuel efficiency of each vehicle</p> <p>$Emissions_{GHG, fuel} = Fuel\ Consumption_{fuel} * Emission\ Factor_{GHG, fuel}$</p> <ul style="list-style-type: none"> This calculation uses EPA emission factors by default Activity type can either be in the form of fuel used, distance traveled, or custom emission factors 										
Year	Description	Facility ID	Activity Type	Fuel Source	Vehicle Type	Activity		Emissions (tonnes)		
						Activity Amount	Unit of Fuel Amount	CO ₂ (tonnes)	EF (kgCO ₂ e/unit)	Emission Factor Source
2021	Caminhões que fariam o transporte do RCC até o aterro	1	Fuel Use	Diesel Fuel	Medium- and Heavy-duty V	4400,89	L	11,870	10,222	March 9, 2018 (https://www.epa.gov/climateleadership/center-corporate-climate-leadership-ghg-emission-factors-hub); WRI, GHG Protocol - Emission Factors from Cross-Sector Tools, April 2014
2021	caminhões que fariam o transporte da	1	Fuel Use	Diesel Fuel	Medium- and Heavy-duty V	3504,11	L	9,451	10,222	EPA, "Emission Factors for Greenhouse Gas Inventories", March 9, 2018 (https://www.epa.gov/climateleadership/center-corporate-climate-leadership-ghg-emission-factors-hub); WRI, GHG

Fonte: Autoria própria, 2021.

Assim, analisando financeiramente o balanço econômico e emissões evitadas com o reaproveitamento dos RCCs na obra obteve-se os seguintes uma economia de R\$724.966,38 e a geração de R\$ 47.331,31 em ativos com a não emissão dos GEE's na atmosfera (tabela 5.9).

Tabela 5.9: Resumo de Custos Evitados

Itens analisados	Balanço Econômico do Reaproveitamento	Balanço econômico e das emissões de GEE
------------------	---------------------------------------	---

	Valor	Unidade	Composiç ão do custo (%)	Total
Volume de RCCs gerados	4579,38	m ³	35,33%	R\$ 777.600,23
Preço do m ³ de Bica Corrida	60,00	R\$/m ³		
Massa de RCCs gerados	5953,19	Toneladas	53,59%	
Preço do tonelada destinada ao Aterro Sanitário	70,00	R\$/Toneladas		
Preço por viagem de caminhão para aterro	120,00	R\$/Viagem	4,31%	
Quantidade de deslocamentos ao aterro necessárias	279,00	Viagem		
Emissões Evitadas	106,22	(t CO ₂)	6,77%	
Crédito de Carbono	495,51	R\$/Crédito de Carbono		

Fonte: Autoria própria (2022).

5.2.4. Balanço econômico e de emissões de GEE

Assim, ao se analisar os dados obtidos através do reaproveitamento de resíduos considerando as emissões evitadas e emissões contabilizadas em decorrência do processo de reutilização do resíduo tem se o balanço positivo de 106,22 toneladas de CO₂, conforme resultado apresentado na equação 8.

$$BE = (102,39 + 21,32) - 17,49 = 106,22 \text{ toneladas de CO}_2 \quad \text{Equação 8}$$

Com base no preço do crédito de carbono negociado na IBOVESPA (Índice da Bolsa de Valores de São Paulo), no valor de € 80,31 dia 12/01/2022 e preço do euro a aproximadamente R\$ 6,17, obteve-se o valor total de R\$ 52.633,85 em ativos em decorrência do CO₂ que deixou de ser emitido à atmosfera. Assim o benefício econômico total gerado foi igual a R\$ 692.514,41, ou seja, R\$152,30/m³ de RCC. Do valor total economizado, 82,93% do emitido são de custos evitados com a reutilização do resíduo de demolição e 6,77% representam os custos evitados com a não emissão de GEE para a atmosfera, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas. Poderiam ser considerados também ativos a ser vendidos na forma de crédito de carbono em mercados de carbono. É importante frisar também que além dos benefícios econômicos houve também os ambientais onde além da diminuição na emissão de CO₂, obtém-se também a redução de 22,6% da geração prevista de resíduos na obra.

No estudo de Silva (2021) acerca de quatro obras em João Pessoa no estado da Paraíba, constatou-se que três das quatro obras analisadas realizam algum tipo de reutilização ou reciclagem na obra. Destaca-se que das obras avaliadas pelo autor, duas delas reciclam RCCs, mais especificamente os restos de argamassa são coletados, dosados e reaplicados no reboco podendo ser caracterizado como uma reciclagem. Não foi feita uma análise quantitativa do quanto foi reaproveitado, mas segundo o autor as ações não possuem grande representatividade em relação a quantidade de RCCs gerados. Assim, verifica-se a necessidade de se divulgar as práticas de reaproveitamento e reciclagem dos RCCs visto que as matérias-primas possuem um alto custo ambiental com uma produção de insumos que impactam fortemente o meio ambiente, além da grande geração dos mesmos em solo brasileiro e mundial.

Dentre os impactos ambientais, observa-se em outro estudo de estimativa de GEE's evitados em construção civil. Segundo Silva (2015), em estudo de caso de obra que buscava a certificação *Leadership in Energy and Environmental Design*, certificação essa que exige o reaproveitamento de materiais dentro do canteiro, levando-se em consideração todas as medidas tomadas com aquisição de material reciclado ou carbono neutro, reaproveitamento e reciclagem conseguiu-se uma redução de 58% da emissão total de CO_{2e} prevista, ou seja, 4.679,18 tCO_{2e} que deixaram de ir para atmosfera.

Em termos econômicos, considerando o valor do crédito de carbono levantado e o estudo de Silva (2015), representa um ativo de aproximadamente 2,3 milhões de reais. Isso fortalece o fato de que não somente a reciclagem de RCCs, mas também outras medidas que considerem a usabilidade de um produto na obra dentro do seu ciclo de vida para outras finalidades, possam resultar em um ganho econômico para a empresa, como demonstrado também através dos ativos econômicos que podem ser angariados a partir do reaproveitamento de RCCs demonstrado no presente estudo. Ademais, destaca-se a possibilidade de se utilizar os RCCs para composição de base e sub-base desde que tal material atenda os pré-requisitos estipulados pela NBR 15116/2004.

Segundo cotação feita em certa empresa no estado do Espírito Santo, outra alternativa seria diminuir os custos de destinação, enviando o resíduo a uma usina de reciclagem de RCCs. A cotação foi feita no dia 15/02/2022 e foi informado o valor de R\$ 280 reais por mês referente ao aluguel de uma caçamba de 5 m³ para ficar na obra e R\$ 70,00 por caçamba para destinar e tratar tal resíduo. Assim, considerando o volume de 4579,38 m³ de RCCs gerados

e a necessidade de se deixar duas caçambas desse tipo no canteiro, segundo informação repassada pela engenheira de obra, o preço ficaria em torno de R\$ 64.671,32, sendo um valor 84,48% inferior ao da destinação em aterro.

Tal prática além de ser consideravelmente mais econômica é ambientalmente correta. Entretanto tal alternativa ainda não é conhecida, nem muito difundida devido a distância das obras as usinas de reciclagem e capacidade das mesmas de receber o material em larga escala.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O resíduo gerado pela obra (bica corrida) apresenta grande potencial de reaproveitamento na obra. Um desses tipos de reaproveitamento é ser como reforço do subleito uma vez que tal material atinge os parâmetros mínimos estipulados nas especificações técnicas e legais das normas brasileiras.

O reaproveitamento do resíduo na obra estudada apresenta benefícios dos pontos de vista financeiro e ambiental, considerando a emissão evitada de gases de efeito estufa. Dessa forma, o presente trabalho contribuiu para afirmar e dar devido enfoque ao reaproveitamento residual em tese.

Através deste estudo, espera-se difundir as técnicas de reaproveitamento dos RCCs na indústria da construção civil nas obras de pavimentação de vias públicas ou privadas através da utilização dos agregados reciclados como reforço do subleito bem como incentivar a criação de novas tecnologias de reaproveitamento dos RCCs para outras finalidades como a confecção de blocos intertravados e outras.

Recomenda-se para futuros trabalhos a possibilidade de analisar os impactos ambientais e econômicos de se reutilizar outros materiais como as sucatas metálicas geradas na obra que, após um tratamento simples, podem ser utilizadas para a confecção de fibras que entram como aditivos em pisos onde são exigidos uma maior resistência.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR nº 9895 de 29 de junho de 1987. **Solo – Índice de Suporte Califórnia** – Especificação. Rio de Janeiro: 1987.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR nº 15116 de 30 de setembro de 2004. **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos** – Especificação. Rio de Janeiro: 2004.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR nº 7211 de 29 de abril de 2005. **Agregados para concreto** – Especificação. Rio de Janeiro: 2005.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 8492 – **Tijolo Maciço de Solo Cimento, Determinação da resistência à Compressão e Ensaio de Absorção de Água**. Rio de Janeiro: 2013.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020**. ABRELPE. São Paulo: 2020.

AGOPYAN, V. **Construção Civil consome até 75% da matéria-prima do planeta**. In: *Globo Ciência*. 2013. Disponível em: <<http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2013/07/construcao-civil-consome-ate-75-da-materia-prima-do-planeta.html>>. Acesso em 04 de dezembro de 2021.

ALMEIDA. L. M. **Mercado de galpões logísticos em alta**. Disponível em: <<https://monitormercantil.com.br/mercado-de-galpoes-logistico-em-alta/>>. Monitor Mercantil. Rio de Janeiro: 26 de março de 2021. Acesso em: 16 de agosto de 2021.

ANEPAC. Associação Nacional Das Entidades De Produtores De Agregados para Construção. **Revista Areia e Brita**. 2020. Edição 76. Dezembro de 2020. Disponível em: <https://www.anepac.org.br/>. Acesso em: 04 de dezembro de 2021.

ANEPAC. Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados Para Construção. **Perspectivas do setor de agregados**. Edição 77. Dezembro de 2021.

Disponível em: <http://www.anepac.org.br/publicacoes/revista-areia-e-brita>. Acesso em: 14 fev. 2022.

APRE. Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal. 2017. **Ampliar consumo da madeira no Brasil é desafio do setor - APRE Florestas**. Disponível em: <<https://apreflorestas.com.br/noticias/ampliar-consumo-da-madeira-no-brasil-e-desafio-do-setor/>>. Acesso em: 5 de dezembro, 2021.

BALTAR, Arthur Bernardo Oliveira; SILVA, Alves da Silva. Utilização do Concreto Reciclado como Agregado Graúdo. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – UniEvangélica, Anápolis, 2019.

BONI, F.; MEIRA, S. **Como reduzir a pegada de carbono na construção civil**. 2020. Disponível em: <https://www.ugreen.com.br/como-reduzir-a-pegada-de-carbono-na-construcao-civil/>. Acesso em: 21 de janeiro de 2022.

BOSOAGA, A., MASEK, O., OAKLEY, J.E., 2009. CO2 Capture Technologies for CementIndustry. Energy Procedia, 2009.

BRASIL. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – **CONAMA nº307 de 05 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Publicada no DOU nº 136, de 17 de julho de 2002.

BRASIL. **Lei Nº 12305/2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Publicada no DOU em 03 de agosto de 2010.

BRASIL. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – **CONAMA nº431 de 24 de maio de 2011**. Altera o art. 3º da Resolução no 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso. Publicada no DOU nº 99, de 25 de maio de 2011.

BRASIL. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – **CONAMA nº448 de 18 de janeiro de 2012**. Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10, 11 da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Publicada no DOU nº 14, de 19 de janeiro de 2012.

BRASIL. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – **CONAMA nº469 de 29 de julho de 2015**. Altera a Resolução CONAMA no 307, de 05 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Publicada no DOU nº 144, de 30 de julho de 2015.

BRIGOLI, A. S. **O uso de entulho de obra na própria obra como parâmetro de organização de canteiro e redução de custos**. Apresentado ao IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Foz do Iguaçu, 2002. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/2002/Artigos/ENTAC2002_1351_1362.pdf>. Acesso em 24 de agosto de 2021.

CABRAL, R.; BETIM, L. S.; LOPES, A. L. B.; SOUZA, R. L. M. **Panorama Da Destinação Dos Resíduos De Construção Civil Nos Municípios Do Estado De Minas Gerais**. V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Belo Horizonte: 2015. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2014/III-024.pdf>>. Acesso em: 9 de abril de 2021.

CÂMARA AMBIENTAL DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. **Quantificação e Relato de Emissões de Gases de Efeito Estufa**. 2021. Elaborado pelo Grupo de Trabalho Ferramentas, Metodologias e Compartilhamento de Informações para Cumprimento do Acordo Ambiental São Paulo. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/04/Nota-Tecnica-01-Quantificacao-e-Relato-de-Emissoes-de-Gases-de-Efeito-Estufa.pdf>. Acesso em: 23 de janeiro de 2022.

CAMOLEIS, L.C; BUENO. J.R.P; SILVA, J.H.N;. **A Empregabilidade dos resíduos de construção civil e demolição (RCD): Benefícios Ambientais**. 2015 Revista científica Centro Universitário de Araras “Dr Edmundo Ulson”. Volume 10, nº 1, 2015.

CARMONA, B. S. A matriz energética brasileira: uma análise perante a NDC e o ODS7. In: XIX USP INTERNATIONAL CONFERENCE IN ACCOUNTING, Não use números Romanos ou letras, use somente números Arábicos., 2019, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Usp, 2019. p. 1-21. Disponível em: <https://congressousp.fipecafi.org/anais/19UspInternational/ArtigosDownload/1751.pdf>. Acesso em: 05 de dezembro de 2021.

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria de Construção. **Boletim Estatístico de Indicadores da Construção Civil.** Disponível em: http://www.cbicdados.com.br/media/anexos/Boletim_Ano17n06_jun_21.pdf. Junho de 2021. Acesso em: 16 agosto de 2021a.

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria de Construção. **Desempenho Econômico da Indústria da Construção Civil -1º Trimestre 2021.** [s.l.], [s.d.]. Abril de 2021. Disponível em: <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2021/04/desempenho-const-civil-1o-tri-2021.pdf>>. Acesso em: 16 agosto de 2021b.

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria de Construção. **Preço da energia preocupa construção civil, que já sofre com alta dos insumos.** 2021. Disponível em: <https://cbic.org.br/preco-da-energia-preocupa-construcao-civil-que-ja-sofre-com-alta-dos-insumos/>. Acesso em: 02 jan. 22c.

CBIC, Câmara Brasileira da Indústria da Construção.. **PIB nacional cresce 1,1% em 2018, mas setor da construção encolhe pelo quinto ano consecutivo.** 2019. Disponível em: <https://cbic.org.br/33505-2/>. Acesso em: 14 jan. 2022.

CE100. **Uma Economia Circular No Brasil:** Uma abordagem exploratória inicial. Produto da inteligência coletiva dos membros da rede ce100 brasil. Brasil: Ce100, 2017. 31 p.

CEARÁ. Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos da Região de Crateús. Governo do Estado do Ceará. **Os principais benefícios da reciclagem.** 2021. Disponível em: <https://crscrateus.ce.gov.br/2021/02/19/os-principais-beneficios-da-reciclagem/>. Acesso em: 31 de dezembro de 2021.

CETESB. PROCLIMA. **Gases do Efeito Estufa:** gases de efeito estufa e fontes de emissão. Gases de Efeito Estufa e Fontes de Emissão. 2022. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/proclima/gases-do-efeito-estufa/#:~:text=CO2%20%E2%80%93%20Respons%C3%A1vel%20por%20cerca%20de,e%20sumidouros%2C%20que%20tem%20a>. Acesso em: 22 de janeiro de 2022.

CNM. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS MUNICÍPIOS (Brasil). **Semana do Meio Ambiente: a relação entre poluição do ar e gestão de resíduos sólidos.** 2019. Disponível em: <https://www.cnm.org.br/comunicacao/noticias/semana-do-meio-ambiente-a-relacao-entre-poluicao-do-ar-e-gestao-de-residuos-solidos>. Acesso em: 20 de janeiro de 2022.

COMEX STAT. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **Madeira em bruto:** exportações. Exportações. 2021. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/comex-vis>. Acesso em: 27 de janeiro de 2022.

CONTI, M. A.; RISKE, L. D.; PUHL, R. H. JÚNIOR, E. B.; DARONCO, G. C. **Estudo Dos Benefícios E Impactos Da Reciclagem Dos Resíduos Da Construção Civil**. 2014. Relatório técnico-científico - XIX Jornada de Pesquisa. Salão do Conhecimento Unijuí. Ijuí, 2014.

CONCLA. Comissão Nacional de Classificação. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2022. Disponível em: <https://concla.ibge.gov.br/busca-online-cnae.html>. Acesso em: 23 jan. 2022.

Costa, Milena Mota; Freitas Junior, Orlando de Oliveira; Alberte, Elaine Pinto Varela; Carneiro, Alex Pires; Ventin, Jadi Tosta Iglesias; , ; "AÇÕES E ESTRATÉGIAS PARA O FOMENTO DE UMA ECONOMIA CIRCULAR: BOAS PRÁTICAS APLICÁVEIS AO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL", p. 9-16 . In: **Anais do V Simpósio Internacional de Inovação e Tecnologia**. São Paulo: Blucher, 2019.

CUNHA, I. B. **Quantificação das Emissões de CO₂ na Construção de Unidades Residenciais Unifamiliares com Diferentes Materiais**. 2016. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016.

DNER – ME. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER – ME 035/98**. Agregados – Determinação Da Abrasão “Los Angeles”. Rio de Janeiro, 1998

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT **DNIT 137/2010** – Pavimentação: Regularização do subleito - Especificação de Serviço. Espírito Santo, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **DNIT 139/2010** – Pavimentação: Sub-base estabilizada granulometricamente - Especificação de Serviço. Espírito Santo, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **DNIT 141/2010** – Pavimentação: Base estabilizada granulometricamente - Especificação de

Serviço. Espírito Santo, 2010.

DEGANI, C. M. Sistema de gestão ambiental em empresas construtoras de edifícios. 2003. 223p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

EC. European Commission. **Environment. Construction and demolition waste.** 2008. Disponível em: <https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/construction-and-demolition-waste_en#ecl-inpage-451>. Acesso em: 23 ago. 2021.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Abimci apresenta cenário da madeira no Brasil durante Workshop Embrapa Florestas/Apre.** 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/42321160/abimci-apresenta-cenario-da-madeira-no-brasil-durante-workshop-embrapa-florestasapre>. Acesso em: 14 fev. 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). Ministério de Minas e Energias. **Matriz Energética e Elétrica.** 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 18 dez. 2021.

ESA, M.R.; HALOG, A; RIGAMONTI, L. Developing strategies for managing construction and demolition wastes in Malaysia based on the concept of circular economy. **J Mater Cycles Waste Manag** n° 19, v. 1144–1154. 2017.

ESPÍRITO SANTO. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos: Diagnóstico Sobre A Gestão Dos Resíduos Sólidos no Espírito Santo – 2019.** SEAMA/LAGESA. Vitória: 2019a.

ESPÍRITO SANTO. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **A Gestão Dos Resíduos Sólidos No Espírito Santo - 2019.** SEAMA/LAGESA. Vitória: 2019b.

ESPÍRITO SANTO. Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – **Instrução Normativa IEMA Nº 12- N DE 07 de dezembro de 2016.** Dispõe sobre os procedimentos técnicos e administrativos relacionados ao licenciamento ambiental por adesão e compromisso e estabelece a listagem das atividades que se enquadram como sendo de pequeno potencial de impacto ambiental. Publicada no DOE-ES, de 12 de dezembro de 2016.

ESPÍRITO SANTO. Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – **Lei N° 9.264 de 15 de Julho de 2009**. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências correlatas. Publicada no DOE-ES, de 16 de julho de 2009.

ESPÍRITO SANTO. Instituto Capixaba de Pesquisa Assistência Técnica e Extensão Rural Incaper. Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. **Gráficos da Série Histórica - Viana/ES (estação desativada)**: dados médios da série histórica da estação meteorológica localizada no município de Viana/es (desativada). Dados médios da série histórica da estação meteorológica localizada no município de Viana/ES (desativada). 2014. Disponível em: <https://meteorologia.incaper.es.gov.br/graficos-da-serie-historica-viana>. Acesso em: 03 de janeiro de 2022.

ESPÍRITO SANTO. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Governo do Estado do Espírito Santo Secretaria de Agricultura Abastecimento Aquicultura e Pesca. **Programa De Assistência Técnica E Extensão Rural**: proater 2020-2023. PROATER 2020-2023. 2020. Disponível em: <https://incaper.es.gov.br/media/incaper/proater/municipios/Viana.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2021.

FIGUEIREDO NETO, N. **Projeto Estrutural De Pavimento Flexível Para O Porto Do Açú**. 2019. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Corpo Docente do Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade Federal, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <http://www.repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10030937.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2021.

FIRJAN. Federação das Indústrias do Rio de Janeiro. **Construção Civil: Desafios**. 2014. FIRJAN, Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/construcao-civil/desafios.htm>. Acesso em: 14 fev. 2022.

FJP. Fundação João Pinheiro. **Déficit Habitacional no Brasil**. 2021. Disponível em: <http://fjp.mg.gov.br/deficit-habitacional-no-brasil/>. Acesso em: 14 fev. 2022.

LOPES, F. T. C.; SANTOS, D. C. R. M. O Potencial Poluidor Da Indústria Cimenteira. In: 15° Congresso Nacional De Meio Ambiente, 15., 2018, Poços de Caldas. **Anais 15° Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas 2018**. Poços de Caldas -

Espaço Cultural da Urca: Ifmg, 2018. p. 1-5. Disponível em: <http://meioambientepocos.com.br/anais2018.html>. Acesso em: 05 dez. 2021.

FOSTER, A.; ROBERTO, S. S.; IGARI, A. T. Economia circular e resíduos sólidos: uma revisão sistemática sobre a eficiência ambiental e econômica. Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente. São Paulo, 2016.

FRANCISCO, S. A. M. A Utilização De Tecnologias Apropriadas Na Construção Civil A Partir Da Reciclagem Do Entulho. In: 60ª Reunião Anual Da Sociedade Brasileira Para O Progresso Da Ciência, 60., 2007, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: SBPC, 2008. p. 1-7. Disponível em: <http://www.sbpnet.org.br/livro/60ra/resumos/resumos/R3769-1.html>. Acesso em: 15 de Dezembro de 2021.

GLASSDOOR. **Salário de Operador De Máquinas em Vitória, Espírito Santo**. 2022. Disponível em: https://www.glassdoor.com.br/Sal%C3%A1rios/vit%C3%B3ria-operador-de-maquinas-sal%C3%A1rio-SRCH_IL.0,7_IC2457828_KO8,28.htm#:~:text=Qual%20%20o%20sal%C3%A1rio%20de,M%C3%A1quinas%20em%20Vit%C3%B3ria%20Esp%C3%ADrito%20Santo%3F&text=O%20sal%C3%A1rio%20m%C3%A9dio%20de%20Operador,%24%2015.446%20e%20R%24%2022.399.. Acesso em: 16 fev. 2022.

GRADIN, A. M. N.; COSTA, P. S. N. **Reciclagem dos resíduos sólidos da construção civil**. Salvador: 2009. Disponível em <<http://www.conhecer.org.br/download/RESIDUOS/leitura%20anexa%202.pdf>> acesso em 03 de dezembro de 2021.

GREENHOUSE GAS PROTOCOL (Estados Unidos). **Ferramentas de Cálculo**. 2021. Disponível em: <https://ghgprotocol.org/calculation-tools>. Acesso em: 24 de dezembro de 2021.

GRUBBA, D. C. R. P. **Estudo do Comportamento Mecânico de Um Agregado Reciclado de Concreto Para Utilização na Construção Rodoviária**. São Carlos, 2009. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

GRABASCK, Jaqueline Ramos. **Aspectos E Impactos Ambientais Decorrentes Da Extração De Agregado Natural E Produção De Agregado Reciclado: Estudo De Caso**

No **RS**. 2016. 168 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2016. Disponível em: http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/5398/Jaqueline%20Ramos%20Grabasck_.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 27 de janeiro de 2022.

GUIA DO TRANSPORTADOR (Brasil). **Qual a velocidade ideal dos caminhões**, 2013. Disponível em: <http://www.guiadotrc.com.br/noticias/not.asp?ID=26455>. Acesso em: 12 de janeiro de 2022.

HANSEN, S. **Gestão Socioambiental: Meio Ambiente na Construção Civil**. Florianópolis, SC. SENAI/SC, 2008.

HILL, S.C; SMOOT, L. Douglas. Modeling of nitrogen oxides formation and destruction in combustion systems. **Progress In Energy And Combustion Science**, [s.l.], v. 26, n. 4-6, p.417-458, ago. 2000.

IBGE. **Síntese de Indicadores Sociais: Uma Análise das Condições de Vida da População Brasileira**. Coordenação de População e Indicadores Sociais: Rio de Janeiro, Brazil, 2020; p. 81.

IEMA, Instituto de Energia e Meio Ambiente -. **As emissões brasileiras de gases de efeito estufa nos setores de Energia e de Processos Industriais em 2019**: esses setores foram responsáveis por cerca de um quarto das emissões do país. Esses setores foram responsáveis por cerca de um quarto das emissões do país. 2020.

INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO (Brasil). **Municípios e Saneamento**: Viana (ES). Viana (ES). 2019. Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/es/viana>. Acesso em: 05 dez. 2021.

INVESTING. **Crédito Carbono Futuros - Dez 22 (CFI2Z2)**. 2022. Disponível em: <https://br.investing.com/commodities/carbon-emissions-historical-data>. Acesso em: 12 de janeiro de 2022.

IPEA. Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil**: Relatório da Pesquisa. IPEA. Brasília: 2012.

JASTRO, J. D.; OLIVEIRA, L. S.; TEIXEIRA, T. L. **Análise De Ecoeficiência Do Uso De Agregado Reciclado Aplicado Na Execução De Calçadas Na Cidade De Vitória-ES.**

Revista Acadêmica Novo Milênio. Disponível em: < <https://novomilenio.br/wp-content/uploads/2021/06/13-Analise-de-ecoeficiencia-do-uso-de-agregado-reciclado-aplicado-na-execucao-de-calçadas-na-cidade-de-Vitoria-ES.pdf>>. Acesso em 23 de janeiro de 2021.

JOCHEN, L. F. Estudo das argamassas de revestimento com agregados reciclados de RCD: características físicas e propriedades da microestrutura. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2012.

JOHN, V. M. Palestra: Resíduos de Construção e Demolição. Palestra apresentada no dia 05 de novembro de 2001 na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo no evento Seminário de Resíduos Sólidos/Pares Poli - Ações responsáveis e Soluções sustentáveis. Disponível em: <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/Pares%20-%20Poli_vmjohn.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2021.

JIN, R.; ZHOU, T.; WANATOWSKI, D.; PIROOZFAR, P. An empirical study of perceptions towards construction and demolition waste recycling and reuse in China. *Resources, Conservation & Recycling*, v.126, p. 86-98, 2017.

JÚNIOR, C. R. **Análise do ciclo de vida energético de projeto de habitação de interesse social concebido em light steel framing.** 2012. 164 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

KLEPA, R.B.; MEDEIROS, M.F.; FRANCO, M.A.C.; TAMBERG, E.T.; FARIAS, T.M.B.; FILHO, J.A.P.; BERSSANETI, F.T.; SANTANA, J.C.C. Reuse of construction waste to produce thermoluminescent sensor for use in highway traffic control. *Journal of Cleaner Production*, v.209, p. 250-258, 2019.

LAGESA. Laboratório de Gestão Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo. 2019. **Versão Preliminar do Diagnóstico sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos no Espírito Santo.** Disponível em: <<https://lagesa.ufes.br/pt-br/conteudo/versao-preliminar-do-diagnostico-sobre-gestao-dos-residuos-solidos-no-espírito-santo>>. Vitória: 2019. Acesso em: 17 ago. 2021.

LARUCCIA, M. M. Sustentabilidade e impactos ambientais da construção civil. ENIAC Pesquisa, Guarulhos, v. 3, n. 1, p. 70-85, jan. 2014.

LEITE, Janaína de Souza. Análise do Uso Nobre de Madeira Descartada na Construção Civil. In: Simpósio De Engenharia Gestão E Inovação, Não use números Romanos ou letras, use somente números Arábicos., 2020, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Sengi, 2020. p. 1-16.

LEITE, P. R. Logística reversa: Nova área da logística empresarial. **Revista Tecnológica**. São Paulo: 2002.

LOBO, F. H. R. Inventário de emissão equivalente de dióxido de carbono e energia embutida na composição de serviços em obras públicas: Estudo de caso no Estado do Paraná. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

LOPES, J. P. (2015). Reutilização E Reciclagem De Resíduos Sólidos Gerados Na Construção Civil. Caderno De Graduação - **Ciências Exatas E Tecnológicas** - UNIT - ALAGOAS, 3(1), 141–152.

LOTURCO, B. **Construção civil em 2020: Os principais marcos do ano até agora**. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/construcao-civil-em-2020-principais-marcos/>>. 16 de outubro de 2020. Acesso em: 16 de agosto de 2021.

MARQUES, H.F.; RIBEIRO, C.C.; OLIVEIRA, D.M.; TAMBERG, E.T.; FARIAS, T.M.B.; FILHO, J.A.P.; BERSSANETI, F.T.; SANTANA, J.C.C. Reuse of construction waste to produce thermoluminescent sensor for use in highway traffic control. **Journal of Cleaner Production**, v.209, p. 250-258, 2019.

NAGALLI, A. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

MAURY, M. B.; BLUMENSCHNEIN, R. N. Produção de Cimento: impactos à saúde e ao meio ambiente. **Sustentabilidade em Debate**, Brasília, v. 3, n. 1, p. 75-96, 2012.

MEDEIROS, E. et al. **Quantificação De Co₂ Emitido Decorrente Dos Materiais Empregados Na Construção De Uma Residência Unifamiliar Quantification Of Co₂**

Issued From The Materials Employed In The Construction Of A Single-Family Residence. [s.l.: s.n.]. Disponível em:

<https://www.confea.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2018/civil/171_qdceddmencduru.pdf>. Acesso em: 29 de Janeiro de 2022.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Fontes Fixas.** Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/fontes-fixas.html>>. 2022. Acesso em: 13 fev. 2022.

MME, Ministério de Minas e Energias. **Balanco Energético Nacional.** Brasil: Empresa de Pesquisa Energética, 2020. 268 p. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2021>. 2022. Acesso em: 13 fev. 2022.

MORAES, Irene. **CONHEÇA AS 12 ETAPAS DA CONSTRUÇÃO E FIQUE PREPARADO PARA SUA OBRA.** 2022. Disponível em: <https://casadeirene.com/etapas-da-construcao/>. Acesso em: 13 fev. 2022.

MORIS, V. A. S. *et al.* Análise Da Gestão De Resíduos Da Construção Civil: Um Estudo De Caso Em Uma Obra Na Cidade De São Paulo. In: XXXVIII Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Maceió: 2018., **Anais [...].** São Carlos: Enegep, 2018. p. 1-14. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_266_528_36151.pdf. Acesso em: 15 de dezembro, 2021.

NASSA, T. **Residência torna-se autossuficiente em energia em Guaíba (RS).** 2019. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/residencia-torna-se-autossuficiente-em-energia-em-guaiba-rs.html>. Acesso em: 05 dez. 2021.

ONU. Organização das Nações Unidas. 2020. **Mudanças no setor da construção civil podem ajudar a combater aquecimento global.** Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2020/03/1707221>>. Acesso em: 5 de dezembro de 2021.

ONU. Organização Das Nações Unidas (Brasil). **Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil.** Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 13 dez. 2021.

PANCIERI, T. A. **Potencial de aproveitamento de agregados reciclados de resíduos da construção e demolição**. 2013. 43 f. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Engenharia Civil) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2013. RIBEIRO, Denise; MOURA, Larissa Santos de. Sustentabilidade: formas de reaproveitar os resíduos da construção civil. **Revista de Ciências Gerenciais**, [S.L.], v. 20, n. 31, p. 41, 31 maio 2016. Editora e Distribuidora Educacional. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.17921/1415-6571.2016v20n31p41-45>>. Acesso em: 5 de dezembro de 2021.

PINTO, T. P. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. 1999. 189 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Departamento de Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1999.

PINTO, T. P.; GONZALES, J. L. R. (Coord.). Manejo e gestão dos resíduos da construção civil. Volume 1 – Manual de Orientação: Como implementar um sistema de manejo e gestão nos municípios. Brasília: CAIXA, 2005. 194 P.

REA. **REVISTA ELETRÔNICA DE ADMINISTRAÇÃO**. São Paulo: Uni-Facef, v. 4, n. 1, 2005. Anual. A Reciclagem na Construção Civil: Como Economia de Custos. Elaborado Por Paulo Antônio de Paiva.

REUTERS. **Entidade vê alta de 2% para construção em 2022 após avanço de 7,6% em 2021**. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/business/entidade-ve-alta-de-2-para-construcao-em-2022-apos-avanco-de-76-em-2021/>>. Acesso em: 14 fev. 2022.

REVISTA AREIA E BRITA. Brasil: Anepac.Org, dez. 2021. Mensal.

RODGERS, L. **Aquecimento global: a gigantesca fonte de CO₂ que está por toda parte, mas você talvez não saiba**. 2018. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-46591753>. Acesso em: 23 de janeiro de 2022.

SÁEZ, P.V.; OSMANI, M. A diagnosis of construction and demolition waste generation and recovery practice in the European Union. **Journal of Cleaner Production**, v.241, p. 1-11, 2019.

SANTANA, Izáira Cunha. **ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM**

CONCEIÇÃO DO ALMEIDA – BA. 2016. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas - Ba, 2016.

SANT'ANA, L. **Ácido cianídrico representa riscos à saúde dos trabalhadores das casas de farinha:** tecnologia simples desenvolvida por pesquisadores da ufal diminuiu o nível de hcn em 80%. Tecnologia simples desenvolvida por pesquisadores da Ufal diminuiu o nível de HCN em 80%. 2017. Disponível em: <https://ufal.br/ufal/noticias/2017/7/acido-cianidrico-representa-riscos-a-saude-dos-trabalhadores-das-casas-de-farinha>. Acesso em: 05 de dezembro de 2021.

SEEG. Sistema De Estimativas De Emissões E Remoções De Gases De Efeito Estufa **Emissões Por Atividade Econômica.** 2020. Disponível em: https://plataforma.seeg.eco.br/economic_activity. Acesso em: 05 de dezembro, 2021.

SIENGE. Sistema integrado de engenharia (Brasil). **Construção Civil passo a passo: do projeto à entrega das chaves.** 2021. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/construcao-civil-passo-a-passo-do-projeto-a-entrega-das-chaves/>. Acesso em: 13 fev. 2022.

SILVA, M. D. B. **Análise do gerenciamento dos resíduos da construção civil: estudo de caso.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - Campus Cajazeiras.

SIMIELE, Daniel. **Aproveitamento de resíduos de concreto na confecção de peças para pavimento intertravado de concreto.** 2010. 119 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/91459>>. Acessado em 2 de dezembro de 2021.

SINAPI. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. **Tudo sobre o SINAPI.** 2022. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx#categoria_556. Acesso em: 16 fev. 2022.

SNS. Secretaria Nacional de Saneamento. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 17º Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2018.** SNS/MDR. Brasília: 2019.

SNIC. Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Potencial de redução das emissões de carbono da indústria do cimento brasileira até 2050. Roadmap Tecnológico Do Cimento – 2019. Brasil: 2019.

TAVARES, P. L. M. et al. Utilização De Agregados De Resíduos De Construção E Demolição (Rcd) Em Bases E Sub-Bases De Pavimentos Rodoviários. **Anais Do Fórum De Iniciação Científica Do Unifunec**, V. 8, N. 8, 2018.

TEIXEIRA, F. S.; MEIRA, J. E. **Reciclagem De Pavimentos Asfálticos Em Camadas De Sub-Base: Estudo De Caso Br-381.** 2018. 68 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Rede de Ensino Doctum, João Monlevade, 2018.

THOMÉ, B. B. **Desperdício na construção civil: impactos no meio ambiente.** 2016. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/desperdicio-na-construcao-civil-impactos-no-meio-ambiente/#:~:text=A%20constru%C3%A7%C3%A3o%20civil%20%C3%A9%20respons%C3%A1vel,perde%20para%20o%20de%20%C3%A1gua..> Acesso em: 10 fev. 2022.

THOMÉ, B. B. **Sustentabilidade na construção civil: eficiência energética como diferencial para construtoras.** 2017. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/sustentabilidade-na-construcao-civil-eficiencia-energetica-como-diferencial-para-construtoras/>. Acesso em: 05 de dezembro de 2021.

UN (New York). Department Of Economic And Social Affairs Sustainable Development. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development.** 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda>. Acesso em: 13 de dezembro de 2021.

ONU, Organização das Nações Unidas -. **Emissões do setor de construção civil atingiram recordes em 2019 - relatório da ONU.** 2019. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/comunicado-de-imprensa/emissoes-do-setor-de-construcao-civil-atingiram>. Acesso em: 18 de janeiro de 2022.

USP. Laboratório de Química Ambiental. **Efeito Estufa**. 2006. Disponível em: <http://www.usp.br/qambiental/tefeitoestufa.htm>. Acesso em: 22 de janeiro de 2022.

VASCONCELOS, Kelry Borges de. DENSIDADE APARENTE DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM BELO HORIZONTE – MG. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, Não use números Romanos ou letras, use somente números Arábicos., 2015, Porto Alegre. **ANAIS VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Belo Horizonte: Ibeas, 2015. p. 1-4. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2015/XI-019.pdf>. Acesso em: 05 de dezembro de 2021.

VIANA. Prefeitura Municipal De Viana – ES. **LEI nº 3002, de 19 de dezembro de 2018**. Autoriza o Poder Executivo Municipal a Criar o Serviço que visa à garantia, prevenção e fiscalização da higiene das Vias e Logradouros Públicos, denominado "DISQUE SUJÃO". Disponível em: <http://www3.camaraviana.es.gov.br/Arquivo/Documents/legislacao/html/L30022018.html#a32>>. Acesso em: 30 de julho de 2021.

YEHEYIS, M. et al. **An overview of construction and demolition waste management in Canada: a lifecycle analysis approach to sustainability**. Clean Technologies and Environmental Policy, Fevereiro 2013, Volume 15, pp 81-91.

WANG, J.; WU, H.; DUAN, H.; ZILLANTE, G.; ZUO, J.; YUAN, H. Combining life cycle assessment and building information modelling to account for carbon emission of building demolition waste: a case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 3154-3166, 2018.

WWF. World Wide Fund for Nature. **WWF - Brasil**, 2016. Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/amazonia/amazonia_acoes/governancaflorestal/>. Acesso em: 04 de dezembro de 2021.