

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

AMANDA SIQUEIRA GONÇALVES

GUILHERME GONZAGA ELIZEU

KÁSSIA DEUSYLLENNE FERREIRA DE SÁ

WALAN GALBER SANTOS

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS
DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE RESÍDUO DA
CERÂMICA VERMELHA**

ANÁPOLIS / GO

2022

**AMANDA SIQUEIRA GONÇALVES
GUILHERME GONZAGA ELIZEU
KÁSSIA DEUSYLLENNE FERREIRA DE SÁ
WALAN GALBER SANTOS**

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS
DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE RESÍDUO DA
CERÂMICA VERMELHA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

**ORIENTADORA: KÍRIA NERY ALVES DO ESPÍRITO
SANTOS GOMES**

ANÁPOLIS / GO: 2022

FICHA CATALOGRÁFICA

GONÇALVES, AMANDA SIQUEIRA/ ELIZEU, GUILHERME GONZAGA/ FERREIRA, KÁSSIA DEUSYLLENNE/ SANTOS, WALAN GALBER

Avaliação das propriedades físicas e mecânicas do concreto com adição de resíduo da cerâmica vermelha

53P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2022).

TCC - UniEVANGÉLICA

Curso de Engenharia Civil.

- | | |
|----------------------|----------------------|
| 1. Concreto | 2. Cerâmica vermelha |
| 3. <i>Slump test</i> | 4. Resistência |
| I. ENG/UNI | II. Bacharel |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

GONÇALVES, Amanda Siqueira; ELIZEU, Guilherme Gonzaga; FERREIRA, Kássia Deusyllenne; SANTOS, Walan Galber. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas do concreto com adição de resíduo da cerâmica vermelha. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO, 53p. 2022.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Amanda Siqueira Gonçalves

Guilherme Gonzaga Elizeu

Kássia Deusyllenne Ferreira de Sá

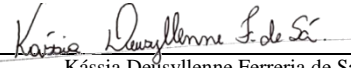
Walan Galber Santos

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE RESÍDUO DA CERÂMICA VERMELHA.

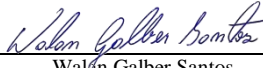
GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2022


Amanda Siqueira Gonçalves
E-mail: amandasg.as@gmail.com


Kássia Deusyllenne Ferreria de Sá
E-mail: kassiadusa@gmail.com


Guilherme Gonzaga Elizeu
E-mail: guilherme.elizeu82@gmail.com


Walan Galber Santos
E-mail: Walangabi@gmail.com

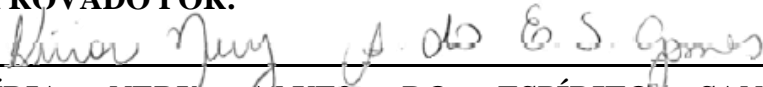
É concedida à UniEVANGÉLICA a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito dos autores.

**AMANDA SIQUEIRA GONÇALVES
GUILHERME GONZAGA ELIZEU
KÁSSIA DEUSYLLENNE FERREIRA DE SÁ
WALAN GALBER SANTOS**


**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS
DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE RESÍDUO DA
CERÂMICA VERMELHA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**


APROVADO POR:



**KÍRIA NERY ALVES DO ESPÍRITO SANTOS GOMES, Mestra
(Unievangélica) (ORIENTADORA)**



**EDUARDO MARTINS TOLEDO, Mestre (Unievangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**



**VANESSA HONORATO DOMINGOS, Mestra (Unievangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 30 de Maio de 2022.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, que esteve sempre presente em minha vida dando forças para vencer cada obstáculo.

A meus pais Erika e Batista, especialmente ao meu pai que não mediu esforços para que eu conseguisse chegar ao final desse curso.

A meus amigos e colegas de curso que fizeram parte deste trabalho e a todas as pessoas que ajudaram direta e indiretamente.

Também agradeço a Universidade e a todos os professores do curso, em especial a nossa orientadora Kiria pelo suporte.

Amanda Siqueira Gonçalves

AGRADECIMENTOS

Gostaria, primeiramente, de agradecer a Deus por ter me ajudado a passar por todos os obstáculos ao longo do curso.

Aos meus pais, Celma e Cândido, que sempre me incentivaram e me apoiaram nos momentos difíceis.

À minha namorada, Maria Cristina, que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos. E a todos aquele que contribuíram de maneira direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Aos professores, tanto pelas correções quanto pelos ensinamentos que me possibilitou ter um melhor desempenho na minha formação profissional. E à professora Kiria, pela orientação desse trabalho, que nos ajudou com suas precisas e incisivas pontuações. Ao Técnico Lucas, que sempre se colocou a disposição para nos ajudar nos experimentos.

Guilherme Gonzaga Elizeu

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus pela oportunidade e graça concedida a mim, pois sem Ele nada disso estaria acontecendo.

A minha família meu pai Alair Gouveia, minha mãe Deusdete Ferreira e meu irmão Karllysson Matheus que me deram apoio e suporte mesmo em tempos difíceis, com eles viram o verdadeiro significado de correr atrás dos sonhos.

A família que adquiri aqui nesses cinco anos aqueles que me ficaram ao meu lado em momentos de surtos, choros, lagrima e muitos sorrisos (não poderia escrever o nome de todos, pois assim acabaria virando um texto), mas aqueles que estiveram comigo na minha caminhada durante esse percurso percorrido. A nossa orientadora e professora Kiria pelo apoio e instrução durante essa reta final.

Agradeço de coração a todos que estiveram torcendo orando e mandando boas energias, pois agora estou realizando uns dos grandes sonhos que sonhei meu diploma em Engenharia Civil na Universidade Evangélica de Anápolis.

Kássia Deusyllenne Ferreira de Sá

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, que fez com que meus objetivos se cumprissem ao longo dessa jornada e por ter permitido que eu tivesse saúde e determinação para concluir esse trabalho.

Aos meus pais e irmãs que sempre estiveram ao meu lado, por todo o apoio e incentivo, que grandemente contribuíram para que eu pudesse seguir nesses anos de estudo.

A minha namorada, pelo companheirismo, cumplicidade e paciência em todos os momentos de dificuldade em minha vida.

A nossa orientadora que nos conduziu e se dispôs a compartilhar todo seu conhecimento dedicação e tempo para que pudéssemos realizar esse trabalho.

Aos colegas do curso e a todos que comigo conviveram ao longo desses anos e certamente tiveram impacto na minha formação acadêmica e profissional.

Walan Galber Santos

RESUMO

O setor da construção civil é um dos principais geradores de resíduos. Buscando alternativas para dar destino apropriado para parte desses resíduos o presente trabalho consiste em analisar a substituição parcial do agregado miúdo pelo resíduo de cerâmica vermelha no concreto. As proporções das substituições realizadas foram de 5%, 10% e 20% em relação a massa da areia. Foram realizadas as caracterizações dos materiais utilizados no concreto bem como ensaios de *slump test* e resistência à compressão axial para analisar os resultados, por meio da comparação com o concreto de referência, sem teor de substituição. Os corpos-de-prova foram submetidos aos ensaios de resistência à compressão axial realizado aos 7, 14 e 28 dias. Após a análise dos dados a porcentagem de substituição de 5% de resíduos da cerâmica vermelha foi o que mais se enquadrou dentro dos parâmetros relacionados à trabalhabilidade. Já em relação à resistência de compressão axial a porcentagem de substituição de 20% de resíduos da cerâmica vermelha foi a que mais demonstrou aumento na resistência. sendo assim uma alternativa adequada para diminuir a grande quantidade de resíduos descartados pela construção civil.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto. Cerâmica vermelha. Agregados. Substituição. Construção Civil.

ABSTRACT

The construction industry is one of the main generators of waste. Seeking alternatives to give appropriate destination for part of this waste, the present work consists of analyzing the partial replacement of fine aggregate by red ceramic waste in concrete. The proportions of the substitutions performed were 5%, 10% and 20% in relation to the mass of sand. The materials used in the concrete were characterized and slump tests and axial compressive strength were performed to analyze the results by comparing them with the reference concrete without replacement content. The specimens were submitted to axial compressive strength tests performed at 7, 14 and 28 days. After analyzing the data, the replacement percentage of 5% of red ceramic waste was the one that best met the parameters related to workability. As for the axial compressive strength, the replacement percentage of 20% of red ceramic waste was the one that most showed an increase in strength, thus being a suitable alternative to reduce the large amount of waste discarded by the construction industry.

KEYWORDS: Concrete. Red ceramics. Aggregates. Substitution. Civil construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Concreto convencional.....	26
Figura 2 – Concreto bombeável.....	27
Figura 3 – Concreto projetado	28
Figura 4 – Concreto autoadensável	28
Figura 5 – Concreto submerso.....	29
Figura 6 – Concreto pré-moldado.....	30
Figura 7 – Agregado Miúdo (areia).....	33
Figura 8 – Agregado graúdo.....	34
Figura 9 – Resíduo cerâmico vermelho	36
Figura 10 – Peneiramento do Agregado miúdo artificial	36
Figura 11 – Processo de cura inicial	38
Figura 12 – Ensaio compressão axial	39
Figura 13 – <i>Slump test</i> concreto referencia	40
Figura 14 – <i>Slump test</i> substituição 5%	40
Figura 15 – <i>Slump test</i> com 10% substituição.....	41
Figura 16 – <i>Slump test</i> com 20% substituição.....	41

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1 – Gráfico de tensão de ruptura (7 dias)	43
Gráfico 2 – Gráfico de tensão de ruptura (14 dias)	44
Gráfico 3 – Gráfico de tensão de ruptura (28 dias)	45
Gráfico 4 – Gráfico de variação de tensão média.....	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Classificação dos resíduos.....	23
---	----

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Agregado miúdo	34
Tabela 2 - Caracterização do agregado graúdo	35
Tabela 3- Caracterização do Resíduo da cerâmica vermelha	36
Tabela 4 - Composição Cimento Portland.....	37
Tabela 5 – Traço do concreto convencional.....	37
Tabela 6 – Traço unitário do concreto com adesão de resíduos	38
Tabela 7 – Resultados do ensaio de <i>Slump test</i>	42
Tabela 8 - Resultado ensaio compressão axial (idade 7 dias)	42
Tabela 9 - Resultado ensaio compressão axial (idade 14 dias)	43
Tabela 10 – Resultado ensaio compressão axial (idade 28 dias).....	44

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANICER	Associação Nacional de Normas Técnicas
AQUA	Alta Qualidade Ambiental do empreendimento
BREEAM	<i>Building Research Establishment</i>
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COP	Confederação das Partes
CO ₂	Dióxido de carbono
DGNB	<i>German Sustainable Building Council</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
MIT	Instituto de Tecnologia de Massachusetts
NBR	Norma Brasileira
ONG'S	Organizações não Governamentais
ONU	Organização das Nações Unidas
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
RCC	Resíduos Construção Civil
RCD	Resíduos da Construção e Demolição
RSCC	Resíduos Sólidos da Construção Civil

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	JUSTIFICATIVA.....	17
1.2	OBJETIVOS.....	17
1.2.1	Objetivo Geral	17
1.2.2	Objetivos específicos.....	18
1.3	METODOLOGIA	18
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2	REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	19
2.1	SUSTENTABILIDADE.....	19
2.1.1	Histórico	19
2.1.2	ECO-92	19
2.1.3	Agenda 21	20
2.1.4	Sustentabilidade na construção civil.....	21
2.2.1	CONAMA.....	23
2.3	CONCRETO.....	25
2.3.1	Concreto convencional	26
2.3.2	Concreto bombeável.....	26
2.3.3	Concreto pesado.....	27
2.3.4	Concreto projetado.....	27
2.3.5	Concreto autoadensável	28
2.3.6	Concreto submerso	29
2.3.7	Concreto pré-moldado	29
2.4	CONCRETO COM UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS	30
2.4.1	Concreto com adição de borracha	30
2.4.2	Concreto cimentício com agregado de resíduos de vidro plano temperado.....	31
2.4.3	Concreto com adição de resíduos da cerâmica vermelha	31
3	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	33
3.1	MATERIAIS	33
3.1.1	Ensaaios dos agregados.....	33
3.1.1.1	Agregado natural miúdo (areia).....	33
3.1.2	Agregado graúdo (brita 1)	34
3.1.3	Resíduos cerâmica vermelha (RCV)	35

3.1.4	Cimento	37
3.2	REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS.....	37
3.2.2	<i>Slump Test</i>.....	38
3.2.3	Moldagem e cura dos corpos de prova	38
4	RESULTADOS.....	40
5	CONCLUSÕES	47
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	48
	REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é um dos setores de grande impacto na economia do Brasil, e mesmo após o início da pandemia da Covid 19 o setor se mantém em plena atividade. Segundo a Pesquisa Nacional por Amostragem de Domicílios (PNAD, 2020), divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020), a construção civil teve um aumento de 10,7% em 2020. Desde os primórdios até o dia de hoje a construção civil é reverenciada, citada e estudada, com um avanço de grande aspecto no mundo, suas estruturas, levantes, pontes, prédios, rodovias hidrovias e etc. inebria a todos que observam com minuciosidade aos detalhes ao longo da história desde o Egito, com suas grandes pirâmides, até o maior de todos os arranha céus já feitos atualmente pelo homem, a construção civil está presente e se refazendo com mais qualidade, segurança, viabilidade, sustentabilidade e a busca por máxima de contenção de custos.

Se todo o resíduo gerado pelo setor da construção civil no país, em apenas um dia fosse reciclado, poderia ajudar a construir 2.134 estádios de futebol do tamanho do Maracanã. A informação é da ABRECON (2019) e é calculada a partir da informação de que são produzidos 520 kg de resíduo por habitante por dia – valor que está de acordo com o do Ministério do Meio Ambiente. Porém, das 290, 5 toneladas de entulhos gerados diariamente no país, apenas 21% dele é reciclado. Segundo informações do Comitê de Incentivo à Formalização na Construção Civil (2019) cerca de 50% das obras no Brasil são irregulares, ou seja, não possuem responsável técnico e/ou possuem trabalhadores sem vínculo empregatício. De acordo com o presidente da Abrecon, Hewerton Bartoli, são essas as obras que produzem entre 60 a 70% dos resíduos da construção civil – o qual tem grande probabilidade de ser descartado de maneira incorreta, (GAZETA DO POVO, 2019).

Com a pandemia do COVID, a construção civil, rodoviária, residencial e afim obteve um crescimento de 10%. Mesmo com o aumento de agregados e matéria de suprimentos como: aço, cimento, agregado miúdo e graúdo, a construção civil se mantém em avanço constante, com isso gerando continuamente entulho e resíduos (CBIC, 2020). Em meios a todos esses descartes de entulho foram observados ao decorrer das décadas que podem ser reutilizados na própria construção alguns materiais que sirvam de agregados para o concreto, visando a melhoria de resistência mecânica e físicas do mesmo, sem perder a qualidade, durabilidade e maleabilidade do concreto.

O crescimento do setor também fez com que houvesse crescimento na indústria ceramista. Segundo a Associação Nacional da Indústria Cerâmica (ANICER, 2020) os ceramistas representam 90% das alvenarias e coberturas do Brasil, 4,8% da indústria da construção civil e possuem 6.903 fábricas registradas. Conforme Souza (2018), no que concerne ao índice de perdas nas indústrias de cerâmica vermelha, este oscila de 5% a 20%, a depender do tipo de indústria. No Brasil, estima-se que em média de 10% da produção das fábricas seja perdida em decorrência de algum defeito na peça.

1.1 JUSTIFICATIVA

O setor da construção civil é muito importante para a economia mundial pela sua capacidade de investimentos e aumentar a oferta de emprego. Infelizmente, também ocupa uma das áreas que mais gera resíduos para o meio ambiente. O problema desse tipo de resíduo é mais grave, pois grande parte dele não chega à destinação correta e acaba sendo descartada ilegalmente em espaços abertos, áreas protegidas, estradas e logradouros. Considerando que a sustentabilidade ambiental é uma aliada do desenvolvimento econômico, é urgente difundir uma cultura de beneficiamento e reaproveitamento de resíduos da construção civil, (VGR, 2017).

Visto a quantidade exorbitante de resíduos sólidos gerados pela construção civil (RSCC), neste caso destacando os resíduos da cerâmica vermelha, este trabalho vem em busca de aprimorar os conhecimentos sobre as propriedades dos resíduos, para estabelecer dados coesos da aplicação do resíduo da cerâmica vermelha no concreto, e demonstrar mediante a outros trabalhos já feitos a resistência e a consistência do concreto.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar as propriedades físicas e mecânicas do concreto com adição de resíduos da cerâmica vermelha em proporções de 5%, 10% e 20% em relação ao traço de concreto referência.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analisar com resultados experimentais, a resistência à compressão existente no concreto com adição de resíduos provenientes da cerâmica vermelha e no concreto sem adição de resíduos.
- Analisar os resultados obtidos pelo *slump test*.
- Apresentar melhor porcentagem de adição de cerâmica vermelha no concreto com os resultados obtidos.

1.3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada no desenvolvimento deste trabalho é composta por uma pesquisa literária através de estudos publicados em teses, artigos, monografias, livros, sites e dissertações, buscando fornecer estrutura teórica consistente e assim enriquecer o conteúdo deste trabalho.

Para aprofundar o estudo e ampliar o conhecimento, também será realizada uma pesquisa experimental através da confecção do concreto com adição de resíduos da cerâmica vermelha com porcentagens de substituição de 5%, 10% e 20%. Serão confeccionados 12 corpos de prova para cada porcentagem já mencionada e submetidos ao ensaio de *slump test* e o de compressão axial com as idades de 7, 14 e 28 dias. Depois de realizados os experimentos serão coletados os dados para análise de resultados.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é composto por cinco capítulos, o primeiro capítulo apresenta a introdução, justificativa, objetivo geral e específico e a metodologia adotada no desenvolvimento. O segundo capítulo é composto pela revisão bibliográfica dos estudos relacionados ao tema avaliação das propriedades físicas e mecânicas do concreto com adição de resíduos da cerâmica vermelha. O terceiro capítulo é composto pelo detalhamento do experimento realizado em laboratório, e os procedimentos metodológicos utilizados. O quarto capítulo demonstra os resultados obtidos, e por fim o quinto capítulo traz a conclusão e as referências bibliográficas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SUSTENTABILIDADE

Este capítulo apresenta, um breve histórico sobre a sustentabilidade, seu conceito, como surgiu e sua importância.

2.1.1 Histórico

O termo Desenvolvimento Sustentável, foi mencionado a primeira vez no relatório de Brundtland ou Nosso futuro comum em 1987. O relatório descreve o desenvolvimento sustentável como: “O desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades” (BRUNDTLAND, 1987, p.46).

O primeiro evento organizado pela Organização das Nações Unidas (ONU), para discutir questões ambientais de maneira global foi a conferência de Estocolmo, como ficou conhecida e ocorreu entre 5 e 16 de junho de 1972, na Suécia. A conferência se tornou histórica, pois pela primeira vez, dirigentes do mundo inteiro se reuniram para falar sobre o tema (BEZERRA, 2021).

O tema central da Conferência de Estocolmo foi as consequências ambientais produzidas pelo modelo de desenvolvimento em voga. Assim, o evento foi um importante momento para conscientização dos líderes mundiais quanto à necessidade de pensar formas de preservar os recursos naturais para as futuras gerações, o que significava romper com a ideia de que a natureza estava disponível para ser explorada a todo custo. Durante o evento, foi discutido o estudo realizado pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), que evidenciava os danos ambientais promovidos pelo desenvolvimento capitalista. Esse documento propunha que as nações mundiais freassem o crescimento econômico para que fosse possível impedir grandes tragédias ambientais (SENA, 2020).

2.1.2 ECO-92

Vinte anos após a conferência de Estocolmo aconteceu no Rio de Janeiro, a ECO-92. A principal pauta da conferência foi, que se todos os países buscassem o mesmo padrão de

desenvolvimento dos países ricos (vistos como desenvolvidos) não haveria recursos naturais suficientes para todos sem causar graves danos ao meio ambiente (IGNACIO, 2020).

Segundo (Castro, 1992), compareceram na conferência, 175 países filiados a ONU. Além dos 110 chefes de estado, vieram a ECO-92, no período de 1 a 14 de junho, 10.000 delegados oficiais. 7.000 jornalistas e 1.400 ONG'S todos credenciados.

A Conferência realizada no Brasil colocou o assunto preservação ambiental na agenda pública de uma maneira inovadora, sendo um grande passo e marco de como a humanidade enfrenta sua relação com o planeta. Foi nessa ocasião que o grupo político internacional admitiu abertamente que era preciso conciliar o desenvolvimento socioeconômico com a utilização dos recursos da natureza. Vários assuntos passaram a ser discutidos para que o avanço e o desenvolvimento acontecessem de acordo com a natureza, garantindo a qualidade de vida tanto para a geração atual quanto para as futuras no planeta.

Do mesmo modo, foi acordado que os países em desenvolvimento receberiam apoio financeiro e tecnológico para arrumarem modelos de desenvolvimento sustentáveis. A partir do principal documento do encontro, a Agenda 21 (IGNACIO, 2020).

2.1.3 Agenda 21

A agenda 21 é um documento assinado na Eco-92, contendo mais de 900 páginas, com 115 programas divididos em 40 capítulos, reúne as metas que os países devem cumprir para preservar o planeta. Requerendo para isso, cerca de 125 bilhões de dólares (CASTRO, 1992).

A Agenda 21 tem como objetivo mostrar uma nova perspectiva de desenvolvimento, disponibilizando uma nova ideia para a sociedade industrial; além de determinar um conceito inovador em relação ao modelo de desenvolvimento utilizado atualmente. O documento prevê também que o desenvolvimento socioeconômico dos países deve estar firmado na qualidade, e não só na quantidade, considerando a preservação humana e da natureza, (FREITAS, 2019).

O documento representa uma aliança mundial, um instrumento importante e necessário para o planejamento participativo na construção de sociedades sustentáveis. Ela junta métodos de proteção ambiental, justiça social e a eficiência econômica, (MAGALHÃES, 2020).

2.1.4 Sustentabilidade na construção civil

O setor da construção civil movimentava várias áreas que vão desde a extração das matérias-primas até os serviços relacionados ao financiamento e manutenção de empreendimentos. Dados de 2015 mostra que o macrossetor da construção civil representou 8,32% do PIB do país. Em comparação com o ano de 2014, houve queda de 6,8%. A construção representa o maior vínculo de toda a cadeia produtiva – pouco mais de 66% do total e possui cerca de 70% das pessoas ocupadas no setor da construção –, apresentando a dimensão da força do setor (CNI, 2017).

De acordo com COP (2015 *apud* CNI, 2017) 30% das emissões globais de gases de efeito estufa são atribuídos aos edifícios; o setor da construção é o maior consumidor de recursos e de matérias-primas, usando cerca de 50% da produção mundial de aço e a cada ano, 3 bilhões de toneladas de matérias-primas são gastas para fabricar produtos de construção em todo o planeta. Entre 40% a 60% dos resíduos em centros urbanos maiores que 500.000 habitantes provêm da construção civil, os edifícios são responsáveis por 25% a 40% do uso de energia mundial, o que contribui com as emissões de CO₂. Além disso, aumento cada vez maior dos centros urbanos aumenta o uso de água, e também de infraestruturas de saneamento, mobilidade e de informação digital (CNI, 2017).

A sustentabilidade na construção civil é uma realidade cada vez mais indispensável para as construtoras. Para assegurar a concordância às técnicas e normas nacionais, manter a boa imagem das empresas e principalmente reduzir custos, a preocupação com os impactos socioambientais não pode mais ser ignorada. (LIEBSCH, 2019).

Há pelo menos quinze anos o uso mais eficiente dos recursos na construção civil faz parte da pauta das principais instituições ligadas ao setor. Grandes empreiteiras, especialmente as que operam nos grandes centros urbanos, já incluiu nas diretrizes do uso eficiente dos recursos, oferecendo disponibilizando aos seus funcionários e implantando sistemas de gestão de canteiros de obras, a fim de controlar, separar e reutilizar materiais e insumos (ROSE, 2016). Em abril de 2013 foi lançada a NBR 15.575. essa norma de desempenho foi muito importante para o setor da construção civil, pois traz para o desenvolvimento dos empreendimentos residenciais preocupações com a expectativa de vida útil, a execução, a eficácia, a sustentabilidade e a manutenção dessas edificações, em resumo inclui o fator qualidade ao edifício entregue aos usuários. Para avaliar o impacto desses aspectos no custo das edificações, deve ser lembrado um conceito amplamente difundido

para análise e tomada de decisão financeira ou ambiental no desenvolvimento de empreendimentos (ABNT, 2013).

O selo verde é uma certificação que ressalta a responsabilidade ambiental das construtoras em executar suas atividades com o menor impacto para o meio ambiente. As empresas que possuem o selo verde buscam as melhores técnicas construtivas para diminuir os impactos ambientais. Existem vários tipos de Selo verde. O termo é a denominação para as diversas certificações existentes que atestam a responsabilidade ambiental das empresas do setor da construção civil.

As principais certificações, são:

- AQUA (Alta Qualidade Ambiental do Empreendimento)
- Bream (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*)
- DGNB (*Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen*)
- LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*)

As vantagens de adotar o Selo são várias entre elas: diminuição de custos da obra, melhor qualidade de vida para o usuário, redução de resíduos, maior conscientização ambiental e aumenta valor no preço de venda. (ECOTELHADO, 2019).

2.2 RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Apesar de todas as restrições causadas pela pandemia do Covid 19, o setor da construção civil vem se mantendo firme no Brasil, o ano de 2021 foi finalizado com bons resultados tendo um aumento de 7,6%. O maior dos últimos dez anos, (SEBRAE, 2022).

O descarte dos resíduos provenientes da construção em sua maioria é feito de forma errada. Sendo jogado em lugares indevidos, ou contratando uma empresa de caçamba de entulho, na qual vai ser levada para o aterro sanitário da cidade, sendo descartado, acumulando um grande volume de resíduos. Um meio para diminuir esse impacto do descarte da construção é o reaproveitamento dos materiais (SANTOS, 2016).

Segundo CONAMA (2002):

Art. 3º Os resíduos da construção civil deverão ser classificados, para efeito desta Resolução, da seguinte forma:

I - Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;

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

II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso; (Redação dada pela Resolução nº 469/2015).

III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação; (Redação dada pela Resolução nº 431/11).

IV - Classe D - são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. (Redação dada pela Resolução nº 348/04).

No Quadro 1 pode ser visualizado a classificação dos resíduos de acordo com o CONAMA.

Quadro 1- Classificação dos resíduos

Classificação de resíduos					DESCRIÇÕES DOS RESÍDUOS
CONAMA 307/2002 e alterações		ABNT NBR 10:004:2004		IBAMA IN 13/2012	
A	A.1	II	A100	17.01.01	Resíduos de cimento (cimento, argamassa, concreto, blocos e pré moldado e artefatos de cimento)
	A.2	II	A100	17.01.02	Tijolos (tijolos e blocos de cerâmica vermelha)
	A.3	II	A100	17.01.03	Ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos (cerâmica vermelha).
	A.4	II	A017	17.01.03	Ladrilhos, telhas, e materiais cerâmicos (azulejos, pisos cerâmicos vidrados (grês, porcelanatos) ou louças sanitárias (cerâmica branca)).
	A.5	II	A100	17.05.04	a Solos e rochas não contendo substâncias perigosas
	A.6	II	A100	17.05.04	b Lama betonítica não contendo substâncias perigosas
	A.7	II	A100	17.05.06	Lodo de drenagem não contendo substâncias perigosas
	A.8	II	A100	17.01.07	Mistura de cimento, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos não contendo substâncias perigosas
	A.9	II	A100	17.05.04	c Areia e brita
	A.10	II	A100	17:09	Resíduos de reforma e reparos de pavimentação

Fonte: CETESB, 2006

2.2.1 CONAMA

O CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente-SISNAMA, foi instituído pela Lei 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentada pelo Decreto 99.274/90 (CONAMA, 2012).

Visto que mediante o crescimento e evolução das construções brasileiras, o reaproveitamento dos resíduos de construção e demolição (RCD) formadas na construção tem sido fortalecido cada vez mais. A resolução CONAMA nº 307/2002 surgiu como implementação buscando meio de lidar e gerenciar o descarte efetivo e correto de entulho gerado em uma obra civil. A resolução também certifica e classifica adequadamente cada resíduo e a forma correta de descarta para o tal, assim como penaliza o descumprimento das normas. Logo após a publicação oficial ela foi responsável na intensificação na prática de RCC, acarretando em pesquisas e estudos juntando profissionais da construção, para que fosse realizadas soluções tecnológicas nesse setor pautado.

“Há consenso de que a Resolução CONAMA 307 da maneira em que foi concebida em 2002 já como uma visão de vanguarda é um instrumento modelo a ser adotado para gestão de outros tipos de resíduos.” (SINDUSCON-SP, 2012). 2.2.1.1

2.2.1.1 CONAMA 307 e suas atualizações

Com a implantação e utilização na própria Resolução 307 foi realizado alterações conforme os novos conhecimentos sobre resíduos para compatibilizar com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, publicada em 2010. Abaixo segue algumas das alterações feitas:

- Em junho de 2002 foi feita a primeira publicação;
- Em agosto de 2004 foi publicada a alteração CONAMA 348/2004 onde foi inserido o resíduo de amianto na classificação como resíduo classe D, que requer cuidados especiais na sua disposição;
- Em maio de 2011 foi publicada a alteração CONAMA 431/2011 que altera a classificação do resíduo de gesso de C para B;
- Em janeiro de 2012 foi publicada a alteração CONAMA 448/2012 que compatibiliza com a Política Nacional de Resíduos e estabelece novos prazos;
- Em julho de 2015 foi publicada a alteração CONAMA 469/2015 que inclui na Classe B, resíduos recicláveis, as embalagens vazias de tintas imobiliárias e também inclui o parágrafo primeiro que define “No âmbito dessa resolução

consideram-se embalagens vazias de tintas imobiliárias, aquelas cujo recipiente apresenta apenas filme seco de tinta em seu revestimento interno, sem acúmulo de resíduo de tinta líquida.”, e o parágrafo segundo que determina “As embalagens de tintas usadas na construção civil serão submetidas ao sistema de logística reversa, conforme requisitos da Lei nº 12.305/2010, que contempla a destinação ambientalmente adequada dos resíduos de tintas presentes nas embalagens.” (SALLES, 2016).

2.3 CONCRETO

O concreto é o principal elemento utilizado em estruturas na construção civil, alguns dos motivos para o seu uso são: a facilidade e a rapidez com que estruturas de concreto podem ser executadas, numa variedade de formas e tamanhos; e por ser mais economicamente acessível (MEHTA, 1994). Trata-se de uma mistura heterogênea composta por insumos como, cimento, agregados miúdos (areia), agregados graúdos (pedras), água e aditivos químicos, quando estes se fazem necessários para melhorar o desempenho do concreto. Tais materiais são combinados em dosagens adequadas e devem ser misturados de maneira manual ou mecânica com o auxílio de uma betoneira, a fim de formar uma liga que poderá ser moldada e utilizada em suas diversas aplicações. Além do preparo in loco do concreto, o mesmo poderá ser anteriormente preparado em usinas de concretagem e posteriormente ser conduzido para o canteiro de obras, tratando-se assim do concreto usinado.

O concreto pode ser classificado como concreto estrutural e não estrutural. O concreto estrutural é o que deve ser utilizado na estrutura de uma edificação, este requer condições específicas que o tornem resistentes o suficiente para suportar construções de grandes ou pequenas proporções. O concreto estrutural pode ser classificado em: concreto simples, concreto armado e concreto protendido (COUTO *et al.*, 2013).

Independentemente do tipo de concreto utilizado são necessários alguns cuidados, a fim de se obter excelentes resultados e maximizar a vida útil do concreto em cada uma de suas aplicações, evitando assim danos em suas estruturas ou em suas funções. Sempre se faz necessário utilizar cimento de boa qualidade, agregados miúdos e agregados graúdos limpos e sem qualquer matéria orgânica, umedecer as pedras caso estejam por um grande período expostas ao sol, utilizar água em quantidade necessária, e sempre estar atento a mistura correta, ao transporte adequado e ao adensamento e cura correta do concreto (ALMEIDA, 2002).

Devido à grande variedade de aplicação do concreto na construção civil, pode-se enumerar diferentes tipos de concretos que atendem a mais ampla demanda, são eles: concreto convencional, concreto bombeável, concreto pesado, concreto projetado, concreto autoadensável, concreto submerso e concreto pré-moldado (LIMA *et al.*, 2014).

2.3.1 Concreto convencional

Pode ser visto na Figura 1 o concreto convencional que é obtido pela mistura e dosagem conveniente, de agregados graúdos, agregados miúdos, cimento e água. Trata-se do tipo de concreto mais utilizado nos canteiros de obras, neste método o concreto é lançado manualmente em fôrmas com o auxílio de carrinhos, caçambas e baldes. O seu preparo do ser realizado de forma manual diretamente *in loco* ou preparado previamente em usinas de concreto (COUTO *et al* 2013).

Figura 1 – Concreto convencional



Fonte: ATEX, 2017

2.3.2 Concreto bombeável

O concreto bombeável, mostrado na Figura 2, se assemelha muito ao concreto convencional, a sua principal diferença está em sua fluidez, o que permite o seu bombeamento por meio de equipamentos como bombas, este tipo de concreto deve ser transportado sob pressão, utilizando tubos rígidos ou mangueiras flexíveis, podendo ser descarregado diretamente no canteiro de obras ou em um local específico da edificação. a sua maior vantagem refere-se a rapidez na execução do serviço e na redução da mão de obra. Para que o concreto bombeável tenha alta fluidez aumenta-se a quantidade de água ou a incorpora-se mais de aditivos (COUTO *et al.*, 2013).

Figura 2 – Concreto bombeável

Fonte: ATEX, 2017

2.3.3 Concreto pesado

O concreto pesado é caracterizado por possuir uma massa específica superior à do concreto convencional aproximadamente cerca de 50% a mais de massa. Essa quantidade superior de massa se refere ao acréscimo na massa de agregados naturais mais densos, que substituem a brita comum, são eles: hematita, barita e magnetita, podendo ainda ser substituídos por limonita, limalhas de ferro e até mesmo esferas de aço. Sendo assim a característica principal desse tipo de concreto é a sua alta densidade, assim tipo de concreto passa a possuir uma maior resistência mecânica, uma durabilidade e uma maior proteção contra radiações. O concreto pesado é de fácil aplicação e seu lançamento segue os mesmos princípios do concreto convencional. Suas aplicações são em lajes de subpressão e na construção de anteparos radioativos (MAUA, 2020).

2.3.4 Concreto projetado

O concreto projetado é um tipo de concreto que é transportado pneumaticamente e pulverizado em alta velocidade sobre a superfície a ser aplicada (Figura 3). É altamente fluido, ainda mais que o concreto bombeável. É auto-compactável e altamente resistente, podendo ser aplicado a seco ou úmido. Este tipo de concreto é muito utilizado em túneis, taludes, muros de arrimo ou reservatórios. Uma das maiores vantagens do concreto projetado é a facilidade de colagem e a aquisição de resistência em pouco tempo (COUTO *et al.*, 2013).

Figura 3 – Concreto projetado

Fonte: ATEX, 2017

2.3.5 Concreto autoadensável

O concreto autoadensável é um tipo de concreto que tende a preencher todos os espaços vazios das fôrmas utilizando apenas o seu peso característico, não se faz necessário o uso de nenhuma tecnologia relacionada ao adensamento ou vibração externa, esse concreto possui um envolvimento das barras de ferro ou de qualquer outro obstáculo, apenas utilizando a força gravitacional de seu peso e sempre mantendo a mistura homogênea. O concreto autoadensável possui alta fluidez e uma fácil aplicação no canteiro de obras veja a Figura 4, além de ser muito resistente a segmentação e ainda reduzir de aplicação por m^3 . Esse tipo de concreto é indicado para aplicação em paredes, vigas e colunas, reservatórios de água e piscinas, pisos, contrapisos, lajes, muros e painéis (CALADO, 2005).

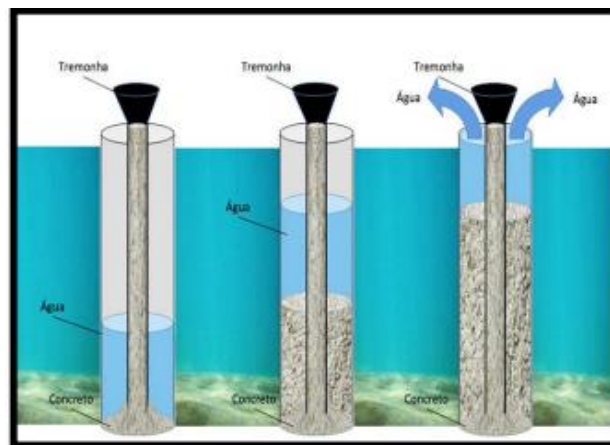
Figura 4 – Concreto autoadensável

Fonte: CONCRETE, 2020

2.3.6 Concreto submerso

O concreto submerso é aplicado em locais onde há a presença de água em locais como: estruturas submersas tanto em água salgada como em água doce, reparos de barragens, estruturas de contenções e fundações com presença de água (Figura 5). Suas características peculiares diferem dos concretos convencionais e são requeridos procedimentos executivos e para reduzir as fissuras o concreto apresenta menos retração e possui baixa elasticidade e grandes resistências à compressão (VOTORANTIM, 2020).

Figura 5 – Concreto submerso



Fonte: VOTORANTIM, 2020

2.3.7 Concreto pré-moldado

O concreto pré-moldado consiste em peças de concreto, conforme Figura 6, fabricadas antecipadamente e separadamente, levadas para o canteiro de obras, onde é realizada a montagem de acordo com as características de cada imóvel, por serem produzidos antes adquirem resistência mesmo antes de serem posicionados em seus locais definitivos. A sua principal vantagem é a agilidade da obra e a sua durabilidade, além de ser um bom isolante térmico e acústico (CAVALCANTI, 2014).

Figura 6 – Concreto pré-moldado

Fonte: CONCRETO ITAMBE, 2022

2.4 CONCRETO COM UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS

Uma das preocupações da engenharia civil na atualidade é a grande geração de resíduos que podem ser provenientes de novas construções ou de demolições de construções antiga, e de que maneira esses resíduos podem causar impactos ao meio ambiente, assim a reutilização de resíduos tem sido pauta de discussões recentes no Brasil. O material a ser reutilizado deve passar por uma triagem e posteriormente ser britado diretamente no canteiro de obras ou em usinas. Vale ressaltar que nem todo resíduo resultante de construções civis pode ser reutilizado, materiais com gesso, por exemplo, dificilmente serão reaproveitados. Os resíduos podem ser utilizados com agregados graúdos e incorporados no concreto de acordo com a legislação vigente (BRASIL, 2002).

2.4.1 Concreto com adição de borracha

Como pode ser visto buscam-se maneiras de agregar resíduos que possam ser reutilizáveis, agregados para que o concreto contenha com mais trabalhabilidade e resistência. A adição da borracha é um exemplo de resíduo reutilizável. No caso da adição de borracha ela vem sendo introduzida no concreto armado com a seguinte base teórica fundamentada em pesquisas anteriores de Fattuhi *et al.* (1996) e Akasaki *et al.* (2001), sendo constatado que o diâmetro do resíduo de borracha influi na resistência do concreto – “quanto maior o diâmetro do resíduo menor a resistência do concreto”.

2.4.2 Concreto cimentício com agregado de resíduos de vidro plano temperado

O concreto é definido como um material de natureza composta, constituído por cimento, água, agregado miúdo e agregado graúdo e ar, podendo conter adições de cinza volante, pozolanas, sílica ativa, aditivos químicos com a finalidade de melhorar ou modificar suas propriedades básicas (BASTOS, 2006). Segundo Ângulo *et al.* (2002), alguns estudos enfocando os concretos produzidos com agregados reciclados têm recebido atenção em pesquisas, contudo o potencial de aproveitamento dos agregados reciclados necessite ser desenvolvido e isso requer mudanças na gestão e no processamento de resíduos de construção demolição, além de uma metodologia de dosagem.

Seguindo o contexto, Carvalho (2011) acredita que a utilização de pó de vidro, proveniente de descarte, como agregado miúdo no concreto é potencialmente viável na produção tanto de concretos estruturais como não estruturais, obtendo rendimento de 81,4% para teores de substituição de 50% de areia natural por vidro moído à idade de 28 dias, indicando a possibilidade de uso desse concreto para fins estruturais. Outra contribuição acerca da utilização do vidro como agregado é atribuída à Lopez *et al.* (2005) em pesquisa que avalia as propriedades físicas e mecânicas de concretos produzidos com a adição de vidro cominuído como agregado fino, registra valores de resistência mecânica superiores a 50% em relação ao concreto usado como referência.

2.4.3 Concreto com adição de resíduos da cerâmica vermelha

A utilização de resíduos de cerâmica vermelha na produção de concreto para fins estruturais ajuda a reduzir o impacto ambiental e aumentar o nível de ação utilizado na construção civil, principalmente porque grandes centros podem carecer de agregados naturais. Em contraste, algumas áreas são caracterizadas por grandes volumes de produção. Resíduos de construção e demolição (RCD) são descartados de forma descontrolada em aterros sanitários, prejudicando assim, qualidade de vida (PASSOS *et al.*, 2020).

De acordo com a pesquisa de Senthamarai *et al.* (2011), cerâmicas de isoladores elétricos foram utilizadas na forma de agregados graúdos, usado para verificar a permeabilidade através da absorção capilar, volume vazio, adsorção e difusão de cloreto não foram observadas alterações significativas no concreto produzido com diferentes relações água-cimento comparado com o material compósito de referência, no material compósito alternativo.

Segundo Sales e Filho (2014) em sua pesquisa, 15% e 50% dos resíduos de tijolos quebrados foram adicionados ao concreto, assim como resíduos de corte de rocha que não apresentam atividade pozolânica. Os resultados dos ensaios do resíduo de tijolo quebrado apresentaram propriedades pozolânica, o que foi confirmado na curva de evolução da resistência ao longo do tempo, que mostrou que a resistência foi aumentada em pelo menos 15% em relação ao concreto com materiais de granulação fina, mas não houve propriedades pozolânicas (DESIR *et al.*, 2005).

3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para o desenvolvimento deste trabalho foram confeccionados corpos de prova com resíduos de cerâmica vermelha em substituição do agregado miúdo nas proporções de 5%, 10% e 20% em relação à massa da areia. O experimento foi realizado no Centro tecnológico da Universidade Evangélica de Goiás – Unievangélica, campos de Anápolis-Go.

3.1 MATERIAIS

A confecção dos corpos de prova foi realizada com o uso do cimento Portland CP-II E 32, os agregados utilizados foram brita, areia e resíduos da cerâmica vermelha. A definição do traço utilizado na produção do concreto foi de acordo com o método ABCP/ACI (Associação Brasileira de Cimento Portland/*American Concrete Institute*).

3.1.1 Ensaios dos agregados

3.1.1.1 Agregado natural miúdo (areia)

O agregado natural miúdo (areia média) utilizado foi fornecido pelo laboratório de engenharia civil da Unievangélica (Figura 7). O ensaio foi realizado de acordo com as diretrizes da NBR NM 248 – Determinação da composição granulométrica (ABNT, 2003) e NBR 16972 – Agregados – determinação de massa unitária (ABNT, 2021). Na Tabela 1 é visto os resultados dos dados coletados no laboratório.

Figura 7 – Agregado Miúdo (areia)



Fonte: AUTORES, 2022.

Tabela 1 - Agregado miúdo

Peneira (mm)	Massa retida (g)	Massa retida (%)	Massa retida acumulada (%)
4,80	0,616	0,2	0,2
2,40	24,55	8,7	9
1,20	61,119	21,9	31
0,6	85,646	30,7	62
0,3	69,378	24,8	86
0,15	29,357	10,5	97
Fundo	8,827	3,2	100
Total	279,493	100,00	
Modulo de finura Areia		2,85	
DMC areia		4,80 mm	
Massa específica		1510 Kg/m³	
Massa unitária		1480 Kg/m³	

Fonte: AUTORES, 2022

3.1.2 Agregado graúdo (brita 1)

O agregado graúdo, brita 1 (Figura 8) utilizado foi fornecido pelo laboratório de engenharia civil da Unievangélica. O ensaio foi realizado de acordo com as diretrizes da NBR NM 248 – Determinação da composição granulométrica (ABNT, 2003) e NBR 16972 – Agregados – determinação de massa unitária (ABNT, 2021). Na Tabela 2 pode ser vista a representação de dados coletados no laboratório.

Figura 8 – Agregado graúdo



Fonte: AUTORES, 2022

Tabela 2 - Caracterização do agregado graúdo

Peneira (mm)	Massa retida (g)	Massa retida (%)	Massa retida acumulada (%)
0	0	0,00	0,00
19	5,6	0,28	0,2
12,5	345,2	17,34	17
9,5	1520,9	76,42	94
4,80	118,6	5,96	100
2,40	0	0,00	100
1,20	0	0,00	100
0,6	0	0,00	100
0,3	0	0,00	100
0,15	0	0,00	100
Total	1990,3	100,00	
Modulo de finura Brita		6,94	
DMC		19 mm	
Massa específica		2700Kg/m³	
Massa unitária		1455 Kg/m³	

Fonte: AUTORES, 2022

3.1.3 Resíduo cerâmica vermelha (RCV)

O resíduo da cerâmica vermelha (RCV) utilizado foi fornecido pelos autores deste trabalho. O ensaio foi realizado de acordo com as diretrizes da NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica (ABNT, 2003).

O resíduo da cerâmica vermelha se encontrava em pedaços de vários tamanhos, sobras de telhas e blocos cerâmicos como pode ser visto na Figura 9. Foi utilizada força braçal com auxílio de marreta e peso para triturar os fragmentos em seguida foi passado nas peneiras iniciando com a peneira de abertura 4,75 mm (Figura 10), os dados coletados em laboratório estão apresentados na Tabela 3.

Figura 9 – Resíduo cerâmico vermelho



Fonte: AUTORES, 2022

Figura 10 – Peneiramento do Agregado miúdo artificial



Fonte: AUTORES, 2022

Tabela 3- Caracterização do Resíduo da cerâmica vermelha

Peneira (mm)	Massa retida (g)	Massa retida (%)	Massa retida acumulada (%)
4,80	95,449	31,86	32
2,40	44,808	14,96	47
1,20	36,43	12,16	59
0,6	33,976	11,34	70
0,3	32,566	10,87	81
0,15	30,239	10,09	91
Fundo	26,137	8,72	100
Total	299,6	100,00	
Modulo de finura Cerâmica		3,8	
DMC cerâmica		6,30 mm	

Fonte: AUTORES, 2022

3.1.4 Cimento

Foi utilizado o cimento CP II E 32 da marca Tocantins adquirido no comércio de Anápolis-GO. Caracterização fornecida pelo fabricante (Tabela 4).

Tabela 4 - Composição Cimento Portland

Propriedades físicas e químicas	
Estado físico	Sólido, pó cinza
Odor	Sem cheiro
PH em solução aquosa	$12 \leq \text{PH} \leq 14$
Massa específica aparente	0,9 a 1,2 g/cm ³ a 20°C
Massa específica absoluta	$2,8 \leq \rho \leq 3,2$ g/cm ³ a 20°C
Solubilidade em água	Até 1,5g/l a 20°

Fonte: VOTORANTIM, 2022

3.2 REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS

Para cada traço de concreto feito foi realizado o ensaio de *slump test* no concreto fresco. Para o ensaio no estado endurecido foram moldados 36 corpos de prova cilíndricos com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, sendo 12 para cada porcentagem de substituição do agregado miúdo. E foram submetidos ao ensaio de compressão axial com idade de 7, 14 e 28 dias.

3.2.1 Traço concreto

De acordo com a caracterização dos agregados e especificações do cimento foi calculado o traço (Tabela 5) do concreto conforme método ABCP/ACI.

Tabela 5 – Traço do concreto convencional

CIMENTO (KG)	AREIA (KG)	BRITA (KG)	ÁGUA (L)
410	779	744,79	237,8

Fonte: AUTORES, 2022

A quantidade de materiais utilizados para a confecção de 12 corpos de prova está descrito na Tabela 6.

Tabela 6 – Traço unitário do concreto com adesão de resíduos

TRAÇO UNITÁRIO					
PERCENTUAL	CIMENTO (KG)	AREIA (KG)	BRITA (KG)	ÁGUA (L)	CERÂMICA (KG)
COVENCIONAL	11	20,9	20,02	6,38	0
CERÂMICA 5 %	11	19,85	20,02	6,38	1,05
CERÂMICA 10 %	11	18,8	20,02	6,38	2,1
CERÂMICA 20%	11	16,7	20,02	6,38	4,3

Fonte: AUTORES, 2022

3.2.2 Slump Test

Foi utilizada a betoneira para realizar a mistura. Após a mistura foi realizado o ensaio de *slump test* em cada um dos traços, sendo eles: traço de referência e os demais com a substituição em massa nas porcentagens de 5%, 10% e 20% de agregado miúdo natural pelo RCV. Este ensaio foi realizado de acordo com as diretrizes estabelecidas na NBR 16889 (ABNT, 2020).

3.2.3 Moldagem e cura dos corpos de prova

Após a mistura dos concretos, foi realizada a moldagem e cura dos corpos de prova seguindo as diretrizes da NBR 5738 (ABNT, 2015). Foram utilizados moldes cilíndricos de 10 centímetros de diâmetro e 20 centímetros de altura para confeccionar os corpos de prova (CPs) dos quatro tipos de concreto.

Após a moldagem do concreto, os corpos de prova ficaram em processo de cura em temperatura ambiente em local seco nas primeiras 24 h (Figura 11). Posteriormente, os corpos de prova foram retirados dos moldes e identificados, continuando o processo de cura dentro da câmara úmida durante 7, 14 e 28 dias.

Figura 11 – Processo de cura inicial



Fonte: AUTORES, 2022

3.2.4 Ensaio de resistência à compressão axial

O ensaio de resistência à compressão axial (Figura 12) foi realizado seguindo as diretrizes estabelecidas pela NBR 5739 (ABNT, 2018) no Centro tecnológico da Universidade Evangélica de Goiás (Unievangélica).

Figura 12 – Ensaio compressão axial



Fonte: AUTORES, 2022

4 RESULTADOS

De acordo com os resultados obtidos pelo ensaio de *slump test* (Tabela 7), e rompimento de corpo de provas, foram coletados os seguintes resultados que serão apresentados por gráficos e tabelas a seguir.

No ensaio de *slump test* o resultado do concreto referência foi de 180 mm (Figura 13).

Figura 13 – *Slump test* concreto referencia



Fonte: AUTORES, 2022

Na adição de 5% de resíduo de cerâmica vermelha os resultados coletados foram 100 mm, conforme (Figura 14).

Figura 14 – *Slump test* substituição 5%



Fonte: AUTORES, 2022

Em relação ao ensaio de *slump test* do concreto com substituição de 10% o resultado obtido foi de 40 mm, conforme (Figura 15).

Figura 15 – *Slump test* com 10% substituição



Fonte: AUTORES, 2022

De acordo com o ensaio de *slump test* na adição de 20% o resultado obtido foi de 30 mm, conforme (Figura 16).

Figura 16 – *Slump test* com 20% substituição



Fonte: AUTORES, 2022

Tabela 7 – Resultados do ensaio de *Slump test*

Corpos de prova	<i>Slump test</i> (mm)	Percentual de trabalhabilidade (%)
Concreto ref	180	100,00
5%	100	55,56
10%	40	22,22
20%	30	16,67

Fonte: AUTORES, 2022

Observando o ensaio executado e realizado nos corpos de prova dos quatro tipos de concreto com idade de 7,14 e 28 dias, foram obtidos seguintes resultados para o ensaio de compressão axial.

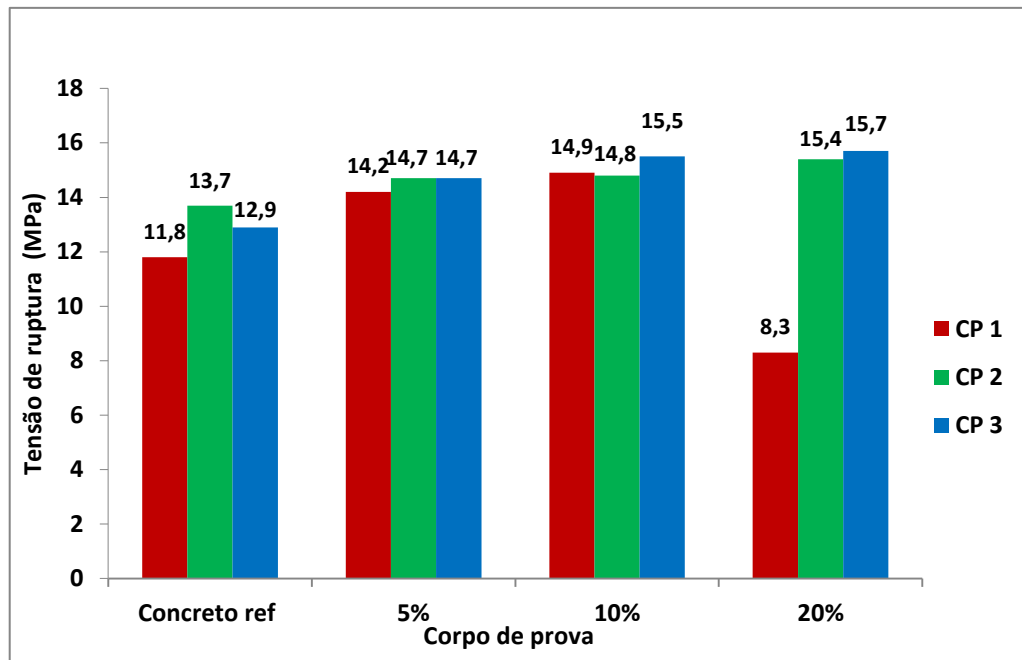
Com os resultados observados na Tabela 8, o ensaio feito com os concretos dos quatro tipos, na idade de 7 dias, a porcentagem de substituição que demonstrou o melhor resultado foi a de 20% com aumento de 19,38% de resistência em relação ao concreto de referência. Pode ser visto no Gráfico 1, as variações de tensões de ruptura com 7 dias.

Tabela 8 - Resultado ensaio compressão axial (idade 7 dias)

Corpos de prova	Idade (dias)	7 dias			Tensão ruptura média (MPa)
		CP1	CP2	CP3	
Concreto ref	7	11,8	13,7	12,9	12,90
5%	7	14,2	14,7	14,7	14,70
10%	7	14,9	14,8	15,5	14,90
20%	7	8,3	15,4	15,7	15,40

Fonte: AUTORES, 2022

Gráfico 1 – Gráfico de tensão de ruptura (7 dias)



Fonte: AUTORES, 2022

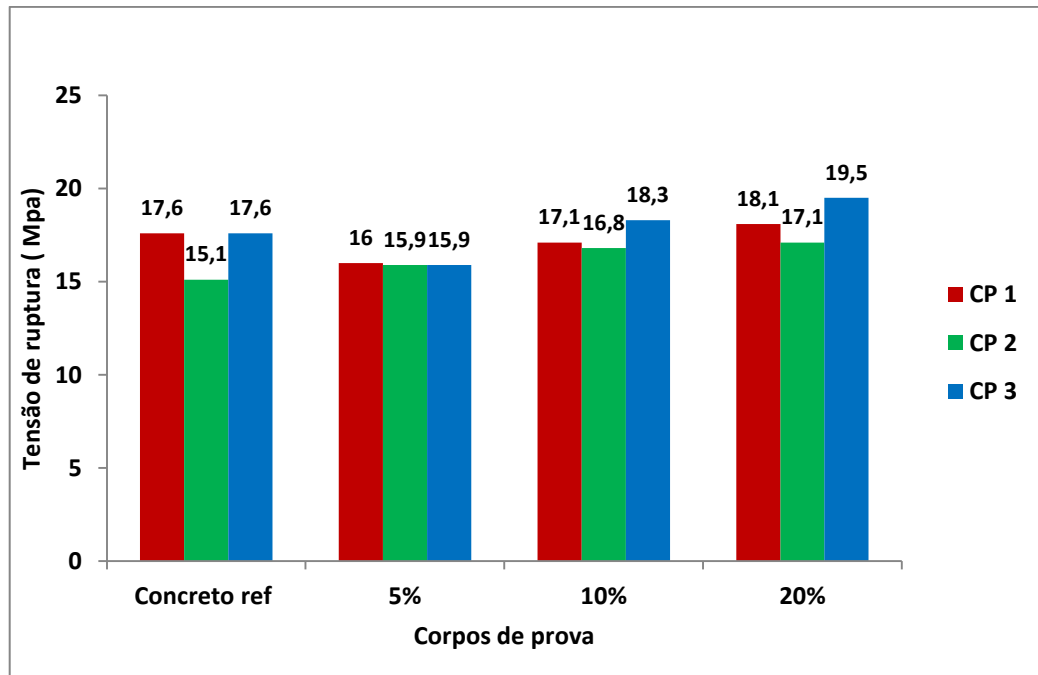
Com os resultados observados na Tabela 9, o ensaio feito com os concretos dos quatro tipos, na idade de 14 dias, a porcentagem de substituição que demonstrou o melhor resultado foi a de 20% com aumento de 2,84% de resistência em relação ao concreto de referência. Pode ser visto no Gráfico 2, as variações de tensões de ruptura com 14 dias.

Tabela 9 - Resultado ensaio compressão axial (idade 14 dias)

14 dias					
Corpos de prova	Idade (dias)	CP1	CP2	CP3	Tensão ruptura média (MPa)
Concreto ref	14	17,6	15,1	17,6	17,60
5%	14	16	15,9	15,9	15,90
10%	14	17,1	16,8	18,3	17,10
20%	14	18,1	17,1	19,5	18,10

Fonte: AUTORES, 2022

Gráfico 2 – Gráfico de tensão de ruptura (14 dias)



Fonte: AUTORES,2022

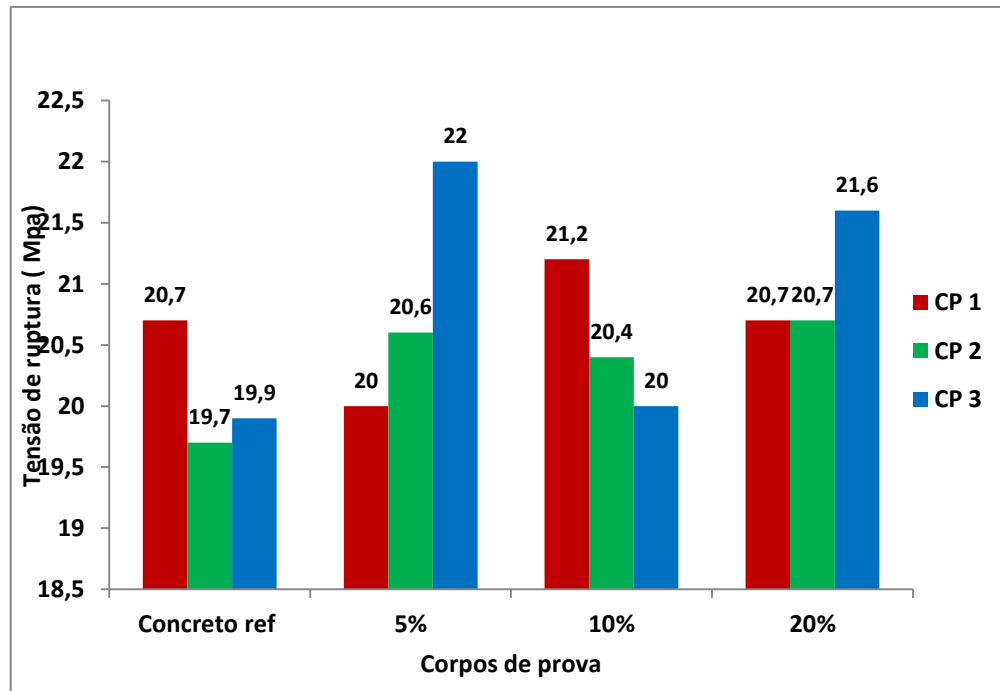
Com os resultados observados na Tabela 10, o ensaio feito com os concretos dos quatro tipos, na idade de 28 dias, a porcentagem de substituição que demonstrou o melhor resultado foi a de 20% com aumento de 4,02% de resistência em relação ao concreto de referência. Pode ser visto no Gráfico 3, as variações de tensões de ruptura com 28 dias.

Tabela 10 – Resultado ensaio compressão axial (idade 28 dias)

28 dias					
Corpos de prova	Idade (dias)	CP1	CP2	CP3	Tensão ruptura média (MPa)
Concreto ref	28	20,7	19,7	19,9	19,90
5%	28	20	20,6	22	20,60
10%	28	21,2	20,4	20	20,40
20%	28	20,7	20,7	21,6	20,70

Fonte: AUTORES, 2022

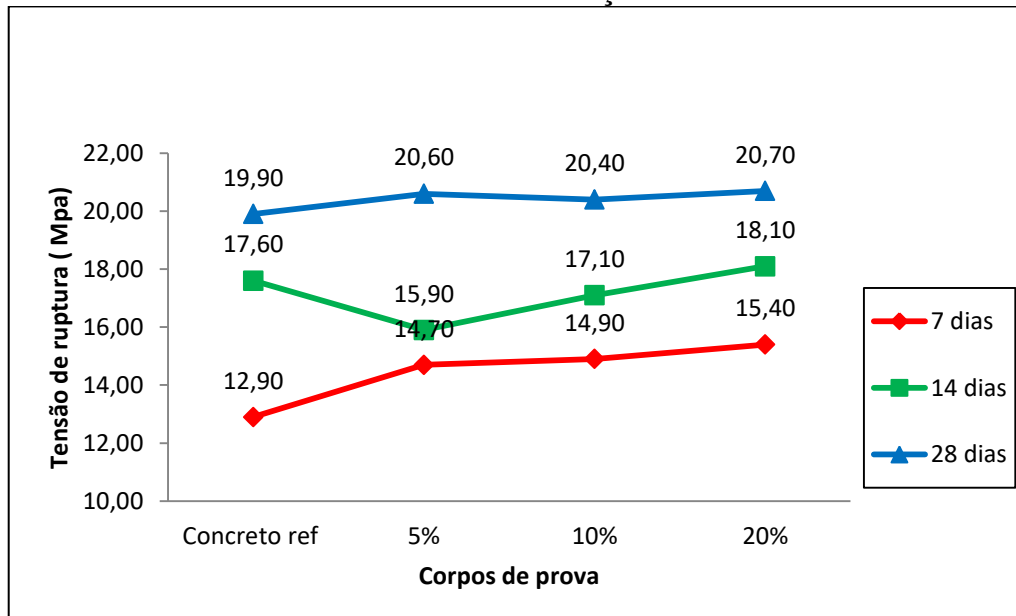
Gráfico 3 – Gráfico de tensão de ruptura (28 dias)



Fonte: AUTORES, 2022

O Gráfico 4 demonstra a média final das variações de tensão de ruptura dos quatro tipos de corpos de prova nas idades de 7, 14 e 28 dias.

Gráfico 4 – Gráfico de variação de tensão média



Fonte: AUTORES, 2022

Na substituição parcial da areia pelo resíduo da cerâmica vermelha com teor de 5%, foi observada uma diminuição média de 9,66% na resistência à compressão em relação ao

concreto de referência. Já no concreto com substituição parcial de 10% em relação à massa da areia observou-se uma diminuição média de 2,84% na resistência à compressão em relação ao concreto de referência. E por fim na substituição de 20% um aumento médio da resistência à compressão foi de 2,84% em relação ao concreto de referência.

Segundo estudo de (HANSEN,2016), o pó da cerâmica vermelha demonstra moderada atividade pozolânica, o que pode ter influenciado no aumento da resistência à compressão.

5 CONCLUSÕES

A construção civil é um dos setores que mais geram resíduos sólidos no mundo, a preocupação com a sustentabilidade tornou-se uma prioridade. Por isso é imprescindível buscar novas maneiras de minimizar o acúmulo de resíduos provenientes da construção civil.

Durante a fabricação da cerâmica vermelha é produzido um volume considerável de resíduos devido a peças quebradas ou com defeito que vão direto para o descarte de a maioria das vezes não é o correto.

Neste trabalho, foi analisado o uso de resíduos da cerâmica vermelha como material parcial de substituição do agregado miúdo na confecção de concreto. As porcentagens de substituição usadas foram as seguintes: 5%, 10% e 20% em relação à massa da areia. A partir dos ensaios realizados para esta pesquisa foram obtidas as seguintes conclusões.

Na substituição parcial da areia pelo resíduo da cerâmica vermelha e após passar pelo ensaio de compressão axial todas as porcentagens de substituição demonstrou aumento na resistência em relação ao concreto de referência. O melhor resultado dentre as três porcentagens de substituição foi a de 20% com aumento de resistência média de 2,84% em relação ao concreto de referência. No quesito do ensaio de *slump test* concluímos que o concreto feito que contém a melhor trabalhabilidade na adição do resíduo de cerâmica vermelha foi no percentual de 5% que, foi visto que em relação do concreto convencional para a do concreto com adição de 5 % chegou ao abatimento de 10 mm, com o percentual de trabalhabilidade de 55,56% do concreto referência, assim assumindo uma trabalhabilidade que atenda, e possa suprir a resistência solicitada.

Diante desses resultados é viável o uso do resíduo da cerâmica vermelha (RCV) na substituição parcial da areia, os resultados obtidos foram satisfatórios podendo ser possível até aumentar a porcentagem de substituição fazendo o uso de algum aditivo plastificante para obter resultados ainda mais satisfatórios, chegando previamente à resistência máxima do concreto.

O trabalho conclui que há a viabilidade do uso, no quesito a resistência à compressão axial, do resíduo da cerâmica vermelha na confecção do concreto, sendo assim uma alternativa adequada para dar destino à parte da grande quantidade de resíduos descartados na construção civil, visando sustentabilidade e uso de materiais que se tem acesso no canteiro de obras, com uma opção de conter gastos, e aplicações reais em obras civis na engenharia, com conceito sustentável.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Analisar resultados do concreto com teores maiores de substituição com resíduos da cerâmica vermelha com o uso de aditivos;
- Fazer ensaios de absorção de água e ensaios de módulo elasticidade com concreto com adição de resíduos da cerâmica vermelha;
- Analisar a possibilidade de uso de resíduos da cerâmica vermelha como agregado graúdo.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 15575: Edificações habitacionais** - Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 16972: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro, 2021.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2016.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos - Método de ensaio**. Rio de Janeiro 1994.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 16889: Concreto: Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 2020.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248: Agregados – Determinação de composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: < <http://professor.pucgoias.edu.br/sitedocente/admin/arquivosuplod/pdf>>. Acesso em: 02 fev.2022.

ALMEIDA, L. C. **Concreto. Campinas: Universidade Estadual de Campinas**, 2002, p. 03. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~almeida/au405/Concreto.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2021.

BEZERRA, Juliana. **Conferencia de Estocolmo: toda matéria**. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/conferencia-de-estocolmo/>>. Acesso em: 25 out. 2021.

COUTO, J.A.S.C. et al. ARTIGO. **Cadernos de graduação- ciências exatas e tecnológicas**, Sergipe, v. 1, ano 2013, n. 17, p. 49-58, out 2013. Disponível em: < <https://periodicos.set.edu.br> >. Acesso em: 11 fev. 2022.

CALADO, C. F; CAMÕES, A.; JALALI, S.; JUNIOR, B. B. **Concreto autoadensável (CAA), mais do que alternativa ao concreto convencional (CC)**. Recife: EDUPE, 2005.

CASTRO, T. Eco-92: **Aspecto Global. A Defesa Nacional, n. 758, 22 jul. 2020**. Disponível em: <http://www.ebrevistas.eb.mil.br/ADN/article/view/5710>. Acesso em: 26 OUT. 21.

CAVALCANTI, Eduardo. **Introdução às estruturas pré-moldadas de concreto**. Blog da Engenharia, 7 set. 2014. Disponível em: . Acesso em: 21 fev. 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Construção Sustentável: a mudança em curso / Confederação Nacional da Indústria, Câmara Brasileira da Indústria da Construção – Brasília: CNI, 2017**

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **O QUE É CONAMA?**. Disponível em: <<http://conama.mma.gov.br/o-que-e-o-conama>>. Acesso: 07 nov. 2021.

ECOTELHADO. “**O que é preciso para conquistar o selo verde da construção civil.**” Disponível em: < <https://ecotelhado.com/o-que-e-preciso-para-conquistar-selo-verde-na-construcao-civil/>>. Acesso em: 01 nov. 2021.

SANTOS, Vivianni. Exatas e tecnológicas, Interfaces científicas, **Resíduos da construção civil em obras novas.** Disponível em: <<https://www.researchgate.net/profile/Vivianni-Santos/publication/316306180>> Acesso em: 27 out. 2021.

FREITAS, Eduardo de. "**Agenda 21 "; Brasil Escola.** Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/agenda-21.htm>>. Acesso em: 27 out. 2021.

GLÊDSON, José. **Produção de concreto cimentício com agregado de resíduos de vidro plano temperado.** Campina Grande – PB: UFCG, 2015.

HANSEN, Débora Magali. **Avaliação das propriedades pozolânicas de um resíduo de cerâmica vermelha para emprego como material científico suplementar.** São Leopoldo: UNISINOS, 2016.

HENRIQUE, Valério. **Aderência Aço-Concreto – Uma análise do comportamento do concreto fabricado com resíduos de borracha.** Ilha Solteira: UNESP, 2004.

IGNACIO, Julia. “**Eco-92”; politize.** Disponível em: <<https://www.politize.com.br/eco-92/>>. Acesso em 21 out. 2021.

LIEBSCH, Adilson. “**Sustentabilidade na construção civil: Aplicação em obras populares” Ambar.** Disponível em: < <https://ambar.tech/2019/07/31/sustentabilidade-na-construcao-civil-aplicacoes-em-obras-populares/>>. Acesso em: 01 nov 2021.

LIMA, C.I.V.L *et al.* ARTIGO. **Caderno de graduação - Ciências exatas e tecnológicas,** Maceió, v. 1, ano 2014, n. 1, p. 31-40, maio/2014 2014. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br/>>. Acesso em: 11 fev. 2022.

MAGALHÃES, Lana. **Agenda 21: Toda matéria.** Disponível em: < <https://www.todamateria.com.br/agenda-21/>>. Acesso em: 27 out. 2021.

MAUA, **Concreto, o que é concreto pesado.** Disponível em <<https://cimentomaua.com.br/o-que-e-concreto-pesado-veja-suas-caracteristicas-e-aplicacoes/>>. Acesso em: 01 nov. 2021.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais.** São Paulo: PINI, 1994, p. 01-02.

PEREIRA, Caio. **O que é slump do concreto e como fazer o teste?**. Escola Engenharia, 2019. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/slump-test/>. Acesso em: 29 Mar. 2022.

SEBRAE. “**Tendências para o setor da construção civil em 2022.**” Disponível em: < <https://www.sebrae.com.br/>>. Acesso em: 03 mai. 2022.

SENTHAMARAI, RM., MANOHARAN, P. D., GOBINATH, D. “Concrete made from ceramic industry waste: Durability properties”, *Construction and Building Materials*, v. 25, pp. 2413–2419, 2011.

SALLES, João Gabriel. **Avanços na Gestão de Resíduos de Construção Civil após a Resolução CONAMA**. Ouro preto: UFOP, 2016.

SALES, Angela; FILHO, Ricardo. **Efeito do pó de resíduo cerâmico como adição ativa para o concreto**. Scielo Brasil, [s. l.], 28 abr. 2014.

SENA, Ailton. **Conferencia de Estocolmo: Educa mais Brasil**. Disponível em: <<https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/biologia/conferencia-de-estocolmo>>. Acesso em: 25 out.2021.

VGR.” **Descubra soluções eficientes para reaproveitamento dos resíduos da construção civil.**” Disponível em: <https://www.vgresiduos.com.br/blog/descubra-solucoes-eficientes-para-reaproveitamento-dos-residuos-da-construcao-civil/> acesso em: 03 de dezembro de 21

VOTORANTIM, Cimentos. **Concretagem submersa exige soluções adequadas**. Disponível em: < <https://www.mapadaobra.com.br/negocios/concretagemsubmersa-exige-solucoes-adequadas/> >. Acesso em 01 de novembro. 2021.