

UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE DE
ECOSSISTEMAS COSTEIROS E MARINHOS

HERBERT LUIS CINTRA SOARES

**Estudo da viabilidade do uso de blocos de concreto
produzidos a partir de lixo marinho plástico para uso na
construção civil**

SANTOS/SP
2023

HERBERT LUIS CINTRA SOARES

**Estudo da viabilidade do uso de blocos de concreto
produzidos a partir de lixo marinho plástico para uso na
construção civil**

Dissertação apresentada à
Universidade Santa Cecília como
parte dos requisitos para obtenção de
título de mestre no Programa de Pós-
Graduação em Sustentabilidade de
Ecossistemas Costeiros e Marinhos,
sob orientação do Prof. Dr. Aldo
Ramos Santos e coorientação pela
Profa. Dra. Paloma Kashel Gusso
Choueri.

**SANTOS/SP
2023**

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente ao Professor Dr. Aldo Ramos Santos pela paciência e por ter acreditado na ideia deste trabalho, agradeço a Profa. Paloma Kashel pela brilhante coorientação, agradeço também a Universidade Santa Cecília por permitir o desenvolvimento deste trabalho e aos amigos Pedro e André.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

EPÍGRAFE

*“Antes de querer conhecer a natureza e antes de
querer persuadir os outros, cada um deveria,
primeiro e antes de tudo, conhecer-se a si
mesmo”.*

Sócrates.

RESUMO

Desde os primórdios da humanidade, tem-se a busca constante pelo conhecimento sobre o uso de materiais e técnicas construtivas que venham a estabelecer o homem em seu meio natural e consolidar-se na sociedade e em seu tempo. Porém, mais importante do que essa consolidação é preservar o meio em que se vive através de práticas sustentáveis e ecologicamente corretas que venham a proporcionar o tripé sustentabilidade econômica, social e ecológica. O presente estudo visou analisar a viabilidade de produção de blocos feitos de concreto com diferentes quantidades de plástico retirado de áreas costeiras e estuarinas como polietileno de alta e baixa densidade que são utilizados na produção de canudos, copos e sacolas plásticas, com o objetivo de limpar esses ecossistemas e tornar viável o uso de materiais amplamente utilizados na construção civil como blocos de concreto. Foi utilizada forma em aço carbono com medidas de 90x190x290mm, cimento CPV-ARI, areia tipo média, pó de pedra mais pedrisco e água. Os corpos de prova extraídos aos 28 dias foram submetidos a esforços de compressão, flexão, densidade, análise macroscópica, peso úmido, peso seco, peso saturado, absorção de água, pH e inflamabilidade. Foi realizada a comparação dos resultados com blocos padronizados de mesmo tamanho feitos de concreto sem plástico e verificada sua viabilidade em relação a norma NBR 6136/2016, bem como o impacto ambiental que a aplicação da tecnologia poderá gerar no meio ambiente com a retirada do plástico do meio ambiente, reduzindo assim a interferência antrópica nos mares, costas e praias. Os dados extraídos do presente estudo indicam que é possível e viável a produção de blocos de concreto com o incremento de até no máximo 5% de material plástico, sem que assim, haja maiores perdas de capacidade de resistência aos esforços principalmente de compressão, atendendo dessa maneira à norma de qualidade. O que trará inúmeros benefícios ao meio ambiente costeiro e marinho pela blindagem desse material que é extremamente tóxico à fauna e flora marinhas.

Palavras-chave: Blindagem do plástico. Materiais sustentáveis. Blocos ecológicos. Macroplásticos. Poluição marinha.

ABSTRACT

Study of the feasibility of using concrete blocks produced from plastic marine litter for use in civil construction

Since the dawn of humanity, there has been a constant search for knowledge about the use of materials and construction that will establish man in his natural environment and consolidate himself in the technical society and in his time. However, it is important that this stability is preserved through preservation and in which it is more environmentally friendly that will provide economic, ecological and ecological travel. The study aims to analyze the feasibility of different plastic study blocks made of high- and low-density plastics that are used for the study of plastic packaging, with plastic cleaning models, with the objectives of plastic cleaning these ecosystems and make the use viable. of concrete materials used in civil construction as blocks. It was used in carbon steel with measures of 90x190x290mm, CPV-ARI cement, medium type sand, stone dust plus gravel and water. The water test specimens were designed and designed to a flexibility of analysis, macro weight, saturation, absorption weight, saturated weight, saturated weight, saturated weight, saturated weight 2 Make a comparison of the results with the tested results 2 carried out in same size made without plastic and its feasibility in relation to the 6136 standard/ the environmental impact that the application of technology generates in the environment 1 can remove the plastic environment from the environment, as well as human interference in the seas, coasts and beaches. The products extracted from plastic indicate that it is possible and feasible to present a production of concrete data with the maximum non-plastic increment of 5% as well as the ability to study resistance of material, even test materials, attending to these materials in a way that quality standard. The cost of the environment is beneficial to the marine environment benefits from the extremely toxic marine fauna and flora.

Keywords: Plastic shielding. Sustainable materials. Eco blocks. Macroplastics. Marine Pollution.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.	Exemplos de monômeros e formação de polímeros de PE e PP.....	2
Figura 2.	Ciclo de poluição pelos resíduos plásticos.....	3
Figura 3.	Albatroz morto com grande quantidade de plástico no estômago.....	4
Figura 4.	Homem retirando lixo plástico do mar.....	6
Figura 5.	Blocos feitos de plástico e areia.....	8
Figura 6.	Piso feito de blocos de plástico na composição.....	8
Figura 7.	Garrafas plásticas na praia de Santos.....	11
Figura 8.	Fabricação do concreto.....	12
Figura 9.	Processo de molhagem dos blocos de concreto em processo de cura..	14
Figura 10.	Cimento CP V ARI.....	15
Figura 11.	Plástico estocado na Associação de Reciclagem.....	16
Figura 12.	Funcionário jogando o plástico na máquina.....	16
Figura 13.	Plástico tipo PP logo após sua saída da máquina.....	17
Figura 14.	a) Plástico tipo PP triturado. b) Plástico tipo PVC. c) Plástico tipo PEBD. d) Plástico tipo PEBD Grânulo.....	18
Figura 15.	Material antes da homogeneização.....	18
Figura 16.	Material após a homogeneização.....	19
Figura 17.	Forma em aço carbono de 2 furos, vista em perfil.....	19
Figura 18.	Forma em aço inoxidável de 2 furos, vista superior.....	19
Figura 19.	Betoneira utilizada para homogeneização do concreto.....	20
Figura 20.	Flow table.....	21
Figura 21.	a) Pedrisco e pó de pedra sendo pesados na balança. b) Areia média sendo pesada na balança. c) Proveta graduada utilizada. d) Pesagem e separação do cimento.....	22
Figura 22.	Processo de filtragem e separação do líquido.....	22
Figura 23.	Paquímetro graduado.....	23
Figura 24.	Nível de mão.....	23
Figura 25.	a) Máquina de compressão universal. b) Tanque de imersão. c) Recipiente plástico com furos.....	24
Figura 26.	Estufa.....	24

Figura 27.	a) Lupa com objetiva 10x. b) Phmetro graduado. c) Equipamento utilizado na fragmentação do modelo. d) Termômetro Kiltler utilizado na análise da inflamabilidade dos modelos.....	25
Figura 28.	Material sendo separado em 300gr para ensaio de granulometria.....	25
Figura 29.	a) Execução do ensaio de granulometria. b) Material retido em cada peneira.....	26
Figura 30.	Processo de produção do bloco.....	27
Figura 31.	Introdução da água na betoneira.....	28
Figura 32.	Bloco de concreto sem adição de plástico.....	29
Figura 33.	Processo de molhagem do bloco na Universidade.....	29
Figura 34.	Processo de lançamento do material plástico.....	30
Figura 35.	Aparência da massa com 5% de plástico.....	30
Figura 36.	Bloco com 5% de plástico.....	31
Figura 37.	Bloco com 10% de plástico.....	31
Figura 38.	Massa produzida com 15% de plástico.....	32
Figura 39.	Tentativa de produção do bloco com 15% de plástico.....	32
Figura 40.	Bloco produzido sem pedrisco.....	33
Figura 41.	Blocos produzidos com diferentes proporções de plástico.....	33
Figura 42.	Bloco recapeado e no nível.....	33
Figura 43.	6 blocos capeados e nivelados.....	35
Figura 44.	Análise dimensional do bloco.....	35
Figura 45.	Análise do pH das amostras.....	36
Figura 46.	Modelos na estufa.....	37
Figura 47.	a) Amostras no tanque de imersão. b) Amostras em tela de aço para secagem do excesso de água. c) Amostras submersas para análise do peso submerso.....	38
Figura 48.	a) Ensaio de compressão. b) Corpo de prova capeado. c) Corpo de prova na máquina de compressão.....	39
Figura 49.	Curva de granulometria.....	41
Figura 50.	Corpo de prova na máquina de compressão.....	44
Figura 51.	Figura macroscópica do bloco com 5% de plástico.....	47
Figura 52.	Rompimento do bloco com 5% de plástico sob ação fletora.....	48
Figura 53.	Modelos e amostras com aumento da porcentagem de plástico.....	49

Figura 54.	Turbidez com o aumento da porcentagem de plástico.....	50
Figura 55.	a) Inflamabilidade do bloco sem plástico. b) Inflamabilidade do bloco com 5% de plástico. c) Inflamabilidade do bloco com 10% de plástico. d) Inflamabilidade do bloco com substituição de pedrisco por plástico.	51
Figura 56.	Inflamabilidade dos blocos com aumento de plástico na composição...	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Análise granulométrica.....	40
-----------	-----------------------------	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.	Produção e Reciclagem de Plástico no Mundo, em toneladas...	5
Quadro 2.	Determinação da classe de agressividade ambiental.....	10
Quadro 3.	Dados da área bruta dos blocos sem plástico.....	41
Quadro 4.	Dados de resistência à compressão dos blocos sem plástico.....	42
Quadro 5.	Dados de resistência à compressão dos blocos com 5% de plástico.....	43
Quadro 6.	Dados da área bruta dos blocos com 10% de plástico.....	44
Quadro 7.	Dados da área bruta dos blocos com substituição do pedrisco por plástico	45
Quadro 8.	Comparação entre as resistências à flexão entre os modelos	48
Quadro 9.	Quadro geral de resistências, massa, umidade, absorção de água e massa dos modelos.....	49
Quadro 10.	Níveis de potencial hidrogeniônico dos modelos.....	50
Quadro 11.	Verificação da temperatura dos blocos expostos à chama do Bico de Bunsen.....	52
Quadro 12.	Quantificação de material utilizado para uma betonada de 50Kg e precificação em reais.....	52
Quadro 13.	Comparação entre os custos de produção do bloco com 5% de plástico e sem plástico, e seu preço de venda em reais.....	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Absorção de Água
AMX	Amoxicilina
Ab	Área Bruta
ARI	Alta Resistência Inicial
ASTM	American Society for Testing and Materials
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABIPLAST	Associação Brasileira das Indústrias de Plástico
C°	Grau Celsius
Ca(OH) ₂	Hidróxido de Cálcio
Ca(CO) ₃	Carbonato de Cálcio
CAA	Classe de Agressividade Ambiental
CP	Cimento Portland
CP V	Cimento Portland Tipo Cinco
CIP	Ciprofloxacina
Cm	Centímetro
CO ₂	Dióxido de Carbono
CFC	Cloro Flúor Carbono
DDT	Diclorodifeniltricloroetano
fbk,est	Resistência Característica de Compressão
Gr	Gramas
G20	Grupo das 20 maiores economias
G7	Grupo dos Sete
Gesamp	Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection
H	Horas
H ₂ O	Água
ISSO	Organização Internacional de Normatização
Kg	Quilograma
Kgf	Quilograma Força
Kg/m ³	Quilograma por Metro Cúbico
Km ²	Quilômetro Quadrado

L	Litro
M	Massa
Mm	Milímetro
m1	Massa Seca
m2	Massa Saturada
m3	Massa Submersa
MPa	Mega Pascal
ml	Mililitro
N	Newton
N	Número de Corpos de Prova
NBR	Norma Brasileira de Regulamentação
ONG	Organização Não Governamental
PCBs	Bifenilas Policlorados
PAHs	Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos
PVC	Poli Cloreto de Vinila
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
PET	Polietileno Tereftalato
PE	Polietileno
PP	Polipropileno
Ph	Potencial Hidrogeniônico
SDZ	Sulfadiazina
SP	São Paulo
Sindiplast	Sindicato das Indústrias do Plástico
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
Tf	Tonelada Força
TMP	Trimetropina
TC	Tetraciclina
Ur	Umidade Relativa
Unisanta	Universidade Santa Cecília
WWF	World Wildlife Fund
Y	Massa Específica da Água

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	1
1.1 PROPOSIÇÃO	9
1.2 ORIGEM DOS MATERIAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	9
1.3 CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO	12
2.MATERIAIS E MÉTODOS	14
2.1 MÉTODOS UTILIZADOS NA CONFECÇÃO DOS BLOCOS	25
3.RESULTADOS	40
4.DISSCUSSÃO	53
5.CONCLUSÃO	55

1.INTRODUÇÃO

As questões ambientais são temas primordiais nos encontros entre líderes mundiais como as reuniões do Grupo dos Vinte (G20), Grupo dos Sete (G7), Cúpula do Meio Ambiente, Acordo de Paris e Rio mais Vinte, onde são discutidos temas que irão impactar em toda a população mundial, temas como os objetivos de se alcançar metas de redução de emissão de gases que promovem aumento do efeito estufa como dióxido de carbono (CO₂) e clorofluorcarbonetos (CFC), consumo de materiais que impactam o meio ambiente de forma negativa como plástico, seus componentes e derivados, que quando descartados de forma incorreta podem trazer grandes prejuízos aos ecossistemas costeiros, marinhos e terrestres.

Segundo Porter (1999), observa-se que existe uma população cada vez mais consciente e ativa em relação à questão ambiental e vem exigindo, por parte dos governantes e das empresas, medidas que possam vir a contribuir para o desenvolvimento sustentável.

O plástico é um dos materiais de estudo do presente trabalho, suas diferentes formas, suas ligações químicas, suas relações com a sociedade e com o meio ambiente especialmente costeiro e marinho do Brasil, haja vista ser esse material um dos maiores responsáveis pela degradação ambiental pela qual o planeta passa.

Há muitos problemas no gerenciamento e destinação adequada após o seu uso, que resultam na chegada às regiões costeiras e ao oceano onde causa danos à fauna (ingestão, sufocamento, emaranhamento, etc.) e consequentemente efeitos na biodiversidade marinha. (MATIAS et al., 2022).

O plástico é uma resina derivada do petróleo, sendo este um combustível de origem fóssil, muito poluente pela capacidade de liberação de gases na atmosfera quando da sua queima. Associado ao petróleo estão os riscos da extração e transporte do óleo nos mares, que podem promover um grande ciclo de destruição da natureza. Para a obtenção do material plástico, este petróleo passa por diversos processos físicos e químicos até se tornar uma simples sacola de supermercado, um canudinho para a ingestão do refrigerante, um copo descartável entre outros inúmeros materiais que o polímero pode se tornar (COUTO, 2020).

A palavra plástico tem origem no latim *plastikos*, que significa aquilo que é flexível, moldável e que pode através de ações como compressão, tração e calor dar origem a outros materiais (COUCEIRO, 2019). O processo de obtenção deste material se dá através de polimerização, junção de moléculas menores chamadas de monômeros em maiores chamadas de polímeros, são materiais que possuem

características diversas dependendo dos objetivos, como a alta resistência mecânica no caso do Poli Cloreto de Vinila (PVC), alta maleabilidade e flexibilidade no caso do Polipropileno (PP) e do Polietileno de baixa densidade (PEBD) e o Polietileno de alta densidade (PEAD), que são utilizados na fabricação de sacolas de supermercado, o Poliestireno que é utilizado na fabricação de canudos para ingestão de líquidos, e o Polietileno tereftalato (PET) que é utilizado na fabricação de garrafas de refrigerantes vendidas em supermercados (SILVA et al., 2019) a Figura 1 demonstra a formação do monômero em polímero.

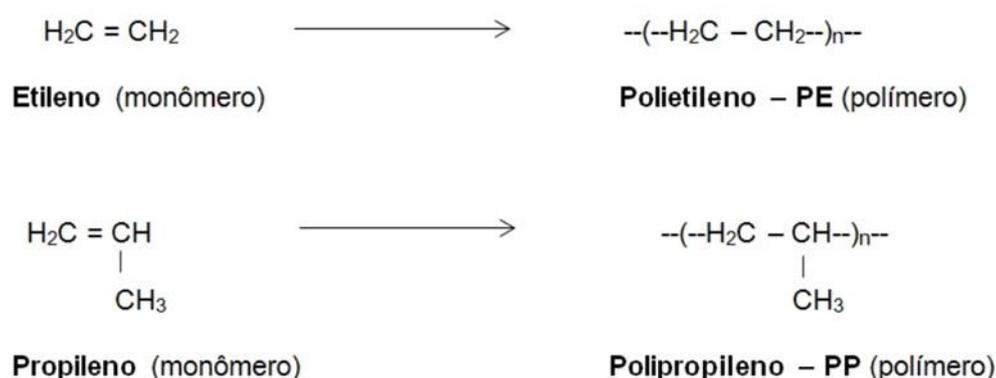


Figura 1: Exemplos de monômeros e formação de polímeros de PE e PP.
Fonte: SINDIPLAST (2021).

Na Figura 1 é possível identificar os principais átomos constituintes das moléculas dos monômeros e polímeros que são os hidrocarbonetos derivados do petróleo com ligações simples e duplas, sendo mais ou menos densos a depender da fase de craqueamento da matéria prima e junção com outros constituintes como anéis benzênicos, nitrogênio etc. (STEVANATO, 2020).

O estudo do material plástico é de suma importância para uma maior análise desse composto e suas ações nos ambientes costeiros e marinhos, “Os resíduos plásticos podem ser classificados quanto a seu tamanho em megaplástico, macropástico, mesoplástico, micropástico e nano plástico” (NOBRE, 2016). Segundo Nobre (2016), entre os resíduos plásticos, os micropásticos, representam mais da metade da contaminação total por plásticos nos oceanos.

“Microplásticos são partículas que apresentam tamanho na escala de 5 milímetros (mm) à 1 nanômetro (nm), sendo subdivididos em microplásticos primários (partículas produzidas em pequena escala para o uso em indústrias de manufaturamento) e microplásticos secundários (partículas menores formadas através da fragmentação de materiais plásticos maiores)” (GESAMP, 2015).

As ações antrópicas sobre os ecossistemas costeiros e marinhos são muito destrutivas para a biota, sua fauna e flora aquáticas são afetadas de forma negativa e permanente, especialmente pelo lançamento do material plástico, não reciclado, que acaba indo parar no mar, nas praias, rios e lagos (MATIAS et al., 2022). Poluindo um ambiente que deveria ser cuidado com o máximo respeito e carinho por todos os seres humanos. Os animais marinhos são especialmente afetados pelo acúmulo de plástico nos oceanos (Figura 2).

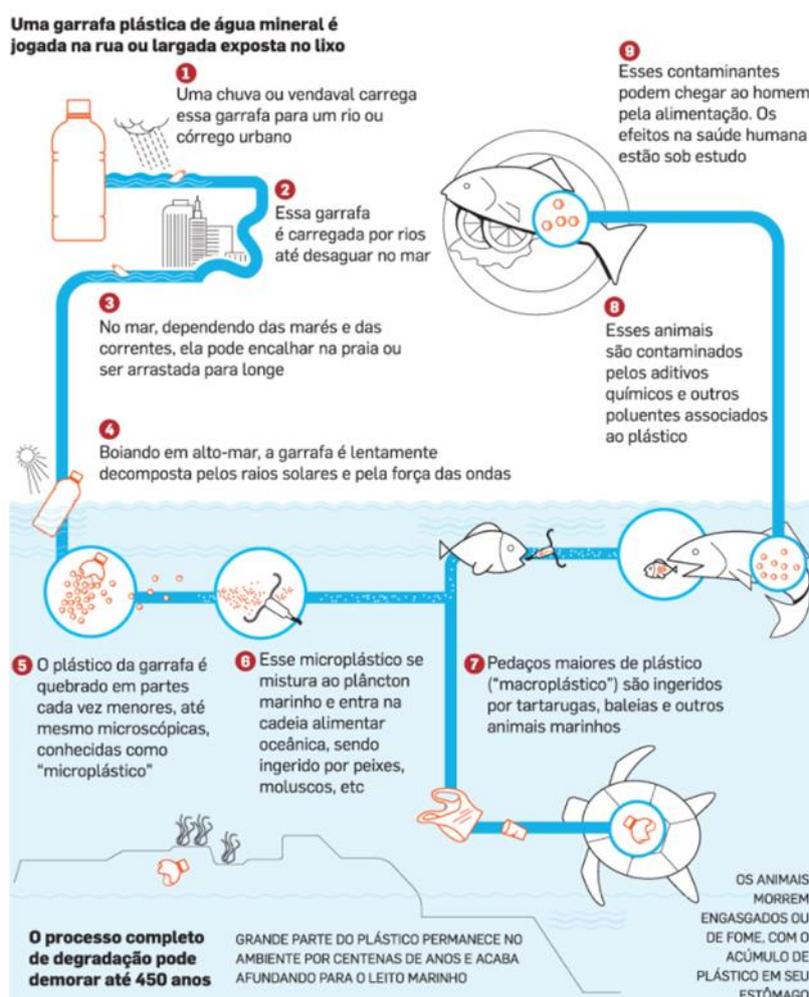


Figura 2: Figura do ciclo de poluição pelos resíduos plásticos
Fonte: Portos e Mercados (2019).

As aves marinhas ingerem partículas plásticas que ficam flutuando na superfície dos oceanos. Estes animais podem ingerir as partículas plásticas confundindo com as presas, alternativamente os plásticos podem vir de presas e através da ingestão de organismos já contaminados com plásticos (BARBIERI, 2009).

Os animais marinhos como aves, tartarugas, baleias e golfinhos são especialmente afetados pelo lixo plástico lançado no mar pelo homem, causando distúrbios e desequilíbrios no meio ambiente, alterando a cadeia alimentar e afetando ciclos reprodutivos de espécies aquáticas (SILVA, 2019) (Figura 3).



Figura 3: Figura de Albatroz morto com grande quantidade de plástico no estômago
Fonte: Revista Ambiente Legal (2016).

A luz do sol refletida sobre a superfície do plástico, confunde os animais marinhos que por sua vez ingerem o material em suspensão na água ou acabam por se enroscar no plástico flutuante ou submerso no mar, são materiais utilizados no dia a dia do ser humano como sacolas plásticas, tampinhas de garrafa PET, copos plásticos, garrafas de água, redes de pesca etc.

De acordo com o estudo lançado pelo *World Wildlife Fund* (WWF) em 2019, o volume de plástico que vai parar nos oceanos todos os anos é de aproximadamente 10 milhões de toneladas, o que é equivalente a cerca de 23 mil aviões tipo Boeing 747 aterrizando em ambientes marinhos todos os anos. Nesse ritmo, até 2030, o planeta terá o equivalente a 26 mil garrafas plásticas no mar a cada quilômetro quadrado (km²).

O Brasil, segundo dados do Banco Mundial, é o 4º maior produtor de lixo plástico no mundo, com 11,3 milhões de toneladas, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, China e Índia. Desse total, mais de 10,3 milhões de toneladas foram coletadas 91%, mas apenas 145 mil toneladas 1,28% são efetivamente recicladas, ou seja, reprocessadas na cadeia de produção como produto secundário (WWF/Banco Mundial, 2019).

Quadro 1: Produção e Reciclagem de Plástico no Mundo, em toneladas.

País	Total de lixo plástico gerado	Total incinerado	Total Reciclado	Relação produção e reciclagem
Estados Unidos	70.782.577	9.060.170	24.490.772	34,60%
China	54.740.659	11.988.226	12.000.331	21,92%
Índia	19.311.663	14.544	1.105.677	5,73%
Brasil	11.355.220	0	145.043	1,28%
Indonésia	9.885.081	0	362.070	3,66%
Rússia	8.948.132	0	320.088	3,58%
Alemanha	8.286.827	4.876.027	3.143.700	37,94%
Reino Unido	7.994.284	2.620.394	2.513.856	31,45%
Japão	7.146.514	6.642.428	405.834	5,68%
Canadá	6.696.763	207.354	1.423.139	21,25%

Fonte: WWF/Banco Mundial (*What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*) (2019).

Segundo dados da WWF Brasil publicados pela revista Piauí (2021), apenas 1,3% do lixo plástico gerado no Brasil em 2020 foi reciclado. Dado esse extremamente alarmante pois há um grande acúmulo de lixo plástico que será lançado ao ambiente marinho. Segundo Rillig *et al.* (2021), a humanidade produziu um volume e uma diversidade impressionante de materiais plásticos. Uma proporção significativa disso está se acumulando como resíduos em uma variedade de compartimentos ambientais.

Para reverter esse Quadro de degradação ambiental se faz necessário primeiro uma mudança de hábitos por parte dos indivíduos, adquirindo uma

consciência maior da coletividade, não jogando plástico no mar, praias e costas (SILVA, 2019). Consumindo produtos de marcas que tenham compromisso com o meio ambiente e tenham programas de reciclagem em suas sedes, invistam em cooperativas de reciclagem de material plástico, em Organizações não Governamentais (ONGs) que atuem junto a questão da sustentabilidade em ambientes aquáticos, sendo necessária também uma cobrança sobre os governos Federal, Estaduais e Municipais para que haja maciço investimento em educação e pesquisa criando dessa forma uma sociedade mais colaborativa, mais consciente e menos intervencionista em relação ao meio ambiente marinho do planeta Terra (Figura 4).



Figura 4: Figura de um homem retirando lixo plástico do mar.
Fonte: Projeto Colabora (2019).

Nesse contexto é importante o estudo e pesquisa sobre materiais amplamente utilizados pela sociedade civil e indústrias que possam de certa maneira atenuar a poluição de materiais plásticos nos mares, praias e costas, especialmente do litoral brasileiro, blindando dessa forma esse material prejudicial ao meio ambiente marinho, convertendo-o em um produto utilizado em larga escala, como um bloco de concreto, que é utilizado na construção de casas e prédios.

Existem atualmente trabalhos que tem por finalidade a concepção de produtos usados na construção civil que possuem na sua composição materiais que

degradam o meio ambiente com a intenção de diminuir esses compostos na natureza e seu impacto degradante ao meio ambiente.

Mattar e Viana (2012) em seu artigo intitulado de “Utilização de Resíduos Poliméricos da Indústria de Reciclagem de Plástico em Blocos de Concreto” onde utilizaram resíduos de plásticos retirados das máquinas de uma indústria que criava polímero e suas borras, para a confecção de blocos de concreto, após análise verificou-se que os blocos feitos com 5% de resíduos plásticos “sucatas plásticas” em sua composição eram viáveis para a execução de obras de vedação, pois ainda mantinham sua capacidade de resistir aos esforços de compressão e estavam dentro dos patamares estipulados pela Norma Brasileira de Regulamentação (NBR) 6136/2016 que estabelece os parâmetros mínimos de aceitação do bloco como: dimensões, homogeneidade, resistências mínimas etc. A partir dos 10% de plástico no concreto, o bloco já não dava liga e esfarelava seu material, inviabilizando seu uso como vedação ou estrutural.

Há uma grande vertente no sentido de criação de Startups que executam “blocos ecológicos”. Como a empresa Queniana “Gjenge Makers” da Empresária Nzambi Matee, sua idealizadora. Matte é formada em Ciências dos Materiais e Engenharia do Petróleo, utilizou seus conhecimentos para criar um bloco de plástico com areia, com grande resistência e uso em pavimentação de pisos coloridos, que deixam o ambiente esteticamente agradável. Além da questão social importante que o projeto atua, empregando mais de 100 pessoas na cadeia de produção, desde a retirada do material da natureza até sua utilização na produção do bloco. Existe também a questão ambiental envolvida pois a empresa já efetuou a retirada de mais de 20 toneladas de resíduos plásticos que estavam poluindo a natureza (Figura 5).



Figura 5: Figura de blocos feitos de plástico e areia.
Fonte: Gjenge Makers (2021).

O material produzido pela empresa possui uma grande saída para a indústria da construção civil, pois os blocos feitos de plástico e areia podem ser moldados e tingidos com pigmentos que trazem diversas cores aos materiais, podendo ser utilizado para decoração de diversos locais públicos e privados (Figura 6).



Figura 6: Figura de piso feito de blocos de plástico na composição.
Fonte: Gjenge Makers (2021).

Existem blocos ecológicos, feitos a partir de entulho de obras, nesse sentido Batista (2013), realiza experimentos com blocos para assentamento de piso em calçadas utilizando os resíduos das obras da cidade de Santos/SP. De acordo com a característica do material que possui classificação própria, o que permitiu que fosse criado um bloco misturando-se o concreto com a matéria de entulho das obras. Chegando a um bom resultado de resistência para pisos, o que viabiliza o projeto pelo custo baixo, pela menor adição de aglomerantes como areia e pela questão

ambiental, pelo fato de o material não ser descartado na natureza, ser reciclado, diminuindo a retirada de areia de rios e mananciais, trazendo uma série de benefícios socioambientais para a população.

1.1 PROPOSIÇÃO

Produção e análise da viabilidade de bloco produzido com material misto constituído de fragmento de plástico retirado de áreas costeiras e estuarinas junto ao concreto e sua comparação com blocos de concreto sem plástico padronizados de acordo com a NBR 6136/2016, analisando sua capacidade de resistência a diversos esforços a saber: Compressão, flexão, absorção de água, análise dimensional, umidade, densidade, análise macroscópica, potencial hidrogeniônico e inflamabilidade. O trabalho possui a finalidade de observar o atendimento dos modelos às normas brasileiras e seu possível uso na indústria da construção civil como alvenaria para vedação de paredes.

1.2 ORIGEM DOS MATERIAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Desde a origem do homem, há uma constante busca pelo desenvolvimento de materiais que auxiliem na construção e desenvolvimento das sociedades. Os materiais utilizados para a execução das residências refletem o grau de tecnologia e conhecimento da época. Os materiais de construção são definidos como todo e qualquer material utilizado na construção de uma edificação, desde a locação e infraestrutura da obra até a fase de acabamento, passando desde um simples prego até os mais conhecidos materiais, como o cimento (Hagemann, 2011).

As casas eram produzidas de todo tipo de material, pedras, madeira, tijolos de barro até o aprimoramento do cimento Portland que se deu em diversas etapas ao longo da história, haja vista o cimento ser um material usado há mais de 4500 anos. O aperfeiçoamento do cimento e conseqüentemente do concreto que é uma mistura de aglomerados e aglomerantes, de cimento, areia, pedra ou pedrisco e água em dosagens específicas chamadas de traço. Essa tecnologia propiciou a criação de blocos de concreto, que por sua vez trouxeram uma maior resistência e durabilidade às construções, permitindo um salto no desenvolvimento das populações urbanas, rurais e industriais, sendo uma das razões o uso do material concreto que é moldável

na sua forma inicial e adquire extrema resistência ao longo do tempo, especialmente após os 28 dias da sua concepção quando se atinge a máxima resistência segundo a NBR 6118/2014: Projeto de Estruturas de Concreto.

Quando da escolha do material a ser utilizado, existem diversos critérios a serem analisados como: Características Técnicas, onde é necessário estabelecer o tipo de construção que será utilizado o material, finalidade se residencial ou industrial, resistências mínimas necessárias, dimensões, condução térmica, resistência a ação de chuva, vento, resistência a altas temperaturas, nível de agressividade a que a construção estará exposta.

A NBR 6118/2014, estabelece graus de classe de agressividade ambiental (CAA) variando de I a IV, relacionando ao risco de deterioração das estruturas de concreto. A determinação da classe de agressividade é de fundamental importância na concepção do projeto que se quer executar (Quadro 2).

Quadro 2: Determinação da classe de agressividade ambiental.

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural Submersa	Insignificante
II	Moderada	Urbana	Pequeno
III	Forte	Marinha Industrial	Grande
IV	Muito Forte	Industrial Respingos de maré	Elevado

Fonte: NBR 6118/2014 Versão Corrigida 2014

Características Econômicas e Estéticas devem ser levadas em consideração na hora de se escolher o material que será utilizado na construção, a questão econômica deve levar em consideração fatores sociais daquela comunidade que fará uso do material, valores dos materiais como blocos para vedação, bloquetes para pisos e calçadas etc., são especialmente importantes para que a execução da obra ou serviço caiba no bolso construtor e não haja a interrupção do serviço e prejuízo aos usuários e aos próprios materiais como exposição a intempéries e degradação. Questões estéticas são pontos essenciais na escolha do material, pois é a partir da estética do material que se observa sua qualidade, conforto, aparência agradável,

manutenção das dimensões da peça e características de unicidade e homogeneidade do material.

Características socioambientais são primordiais e de especial atenção neste trabalho, pois é necessário sempre a escolha por materiais que não agridam o meio ambiente e os ecossistemas, terrestres e marinhos, praias e rios, lagos e mares. O estudo, aprimoramento e aperfeiçoamento de materiais utilizados na construção civil é de suma importância para a redução da degradação ambiental e manutenção dos meios de vida, das matas, dos animais e dos oceanos. Como por exemplo: blindando materiais nocivos à natureza, e estimulando a redução de uso de materiais plásticos lançados indevidamente na natureza, através de campanhas de educação da sociedade civil por parte dos governos e empresas privadas.

Localizada no município de Itanhaém (litoral sul de São Paulo, Brasil) está a cooperativa de plásticos recicláveis chamada de Garimpo de Ouro. No local são recebidos todo tipo de material plástico, vindo de várias partes da baixada santista, material plástico que é retirado de estuários, canais, praias e costas. Existe uma cadeia de cooperação entre a empresa e os catadores de plástico, auxiliando na redução de lixo plástico lançado na natureza, especialmente nos ambientes costeiros e marinhos (Figura 7).



Figura 7: Figura de garrafas plásticas na praia de Santos.
Fonte: Revista Portos e Mercados (2019).

Conforme a Figura 7 é demonstrada a grande quantidade de lixo plástico que vai parar nas praias da região e que posteriormente é retirado por recicladores de associações e cooperativas que fazem um trabalho espetacular na preservação do meio ambiente.

O trabalho especialmente da cooperativa de catadores de Itanhaém, auxilia não só na redução do número de embalagens plásticas nos canais, praias e estuários da região, como também emprega cerca de 100 pessoas que trabalham direta ou indiretamente com todo o processo de reciclagem, auxiliando na questão social dos indivíduos.

O local onde são levados e acondicionados os materiais é apropriado para tal procedimento, onde é triturado em máquina especialmente projetada para o serviço e o produto plástico já triturado com volume reduzido é acondicionado e vendido para as empresas que produzirão as embalagens de forma reciclável.

1.3 CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO

O concreto é uma mistura heterogênea de diversos materiais como cimento, pedra, água e aditivos. Essa junção de materiais dá ao concreto uma série de características que o diferenciam dos outros compostos, como massa específica da ordem de 2400 quilogramas por metro cúbico (Kg/m^3) para o concreto tipo simples. Segundo o item 4.2.1 da NBR 6136 O concreto deve ser constituído de cimento Portland, agregados e água.

Possui características mecânicas importantes como grandes resistências à compressão axial, módulo de elasticidade e diminuta resistência à tração quando comparada a resistência de compressão (Figura 8).



Figura 8: Figura da fabricação do concreto.
Fonte: Portal do concreto (2021).

Essa propriedade de alta resistência à compressão é de grande relevância na avaliação do desempenho de estruturas de concreto. Nos projetos estruturais e no controle da qualidade é a resistência que se apresenta como o parâmetro mais valorizado e está diretamente ligada à capacidade dos elementos de resistir a esforços sem que haja ruptura (VIEIRA, 2003).

É um material plástico no início da pega, formando um gel em contato com a água e com os cristais de cimento que resultam da reação de carbonato de cálcio (CaCO_3) com água (H_2O), formando Hidróxido de cálcio e dióxido de carbono na reação $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{dióxido de carbono} (\text{CO}_2)$, permitindo que haja uma moldagem do produto final, sendo de extrema importância na indústria da construção civil (NBR 12653/2015).

A estrutura interna do concreto resulta bastante heterogênea: adquire forma de retículos espaciais de gel endurecido, de grãos de agregados graúdo e miúdo de várias formas e dimensões, envoltos por grande quantidade de poros e capilares, portadores de água que não entrou na reação química e, ainda, vapor d'água e ar. Fisicamente, o concreto representa um material capilar pouco poroso, sem continuidade da massa, no qual se encontram presentes os três estados da agregação – sólido, líquido e gasoso. (SANTOS *et al.*, 2004).

O concreto produzido para a confecção do bloco deverá atender ao item 4.3.1 da NBR 6136/2016, segundo a qual exemplifica que os blocos devem ser fabricados e curados por processos que assegurem a obtenção de um concreto suficientemente homogêneo e compacto, de modo a atender a todas as exigências da referida norma.

Durante as visitas em fábricas de blocos para estudo e entrevistas com especialistas na produção dos blocos, observou-se a atenção especial dada a molhagem do bloco quando em 24 horas de sua produção, onde um dos trabalhadores da fábrica disse ser a água a “vitamina do bloco”, necessária para permitir a desforma e o não esfarelamento do material (Figura 9).



Figura 9: Figura do processo de molhagem dos blocos de concreto em processo de cura.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

O Item 4.3.2 da NBR 6136/2016 determina que os blocos devem ter arestas vivas e não devem apresentar trincas, fraturas ou outros defeitos que possam prejudicar o seu assentamento ou afetar a resistência e a durabilidade da construção.

2.MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS UTILIZADOS NA CONFECÇÃO DO BLOCO DE AMOSTRAGEM

Foi utilizado na confecção dos blocos virgens de concreto: Cimento do tipo Cimento Portland V de Alta resistência Inicial (CPV ARI) atendendo a NBR 5733/91.

A utilização deste tipo de cimento na confecção dos blocos se deu através de pesquisa de campo em fábricas de blocos na região da baixada santista, onde em resposta aos questionários do autor, os responsáveis pela produção dos blocos de concreto afirmaram utilizar o material para que atinjam uma maior resistência do bloco de concreto produzido já nos períodos iniciais da sua produção (Figura 10).



Figura 10: Figura do cimento CP V ARI.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Segundo o item 4.2 da NBR 5733/91. A composição do CP V ARI varia de 95 a 100% de clínquer mais sulfatos e de 0 a 5% de material carbonático. Ainda de acordo com a Tabela 5 da mesma NBR, o CP V ARI deve possuir resistência à compressão de 34 Mega Pascal (MPa) como limite inferior aos 7 dias de idade.

Além do tipo de cimento a ser utilizado, atenção especial foi dada ao tipo de plástico que foi utilizado na mistura do concreto na produção do bloco de vedação.

O objeto de estudo do presente trabalho é a utilização de material plástico triturado de áreas estuarinas da região da baixada santista na composição do concreto e sua influência na resistência, trabalhabilidade e viabilidade comercial na indústria da construção, comparando-os aos blocos de concreto sem plástico em sua composição. Plástico esse que faz parte de copos, canudos, sacolas e garrafas plásticas encontradas nas em locais estuarinos como praias e costas, como o PEAD, PEBD, PET, PVC. Sendo um dos locais de coleta e pesquisa a associação de reciclagem do município de Itanhaém no litoral de São Paulo, onde ocorre a captação de plástico de várias localidades da baixada santista em especial de praias da região (Figura 11).



Figura 11: Figura do plástico estocado na Associação de Reciclagem.
Fonte: Elaborado pelo autor

O equipamento utilizado para a trituração é o Moinho Granulador para plástico com facas de plástico com 500 mm de diâmetro (Figura 12).



Figura 12: Figura do funcionário jogando o plástico na máquina.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Após o lançamento do material na máquina, o operador faz o acionamento das pás que em movimento de giro acabam triturando o composto polimérico em partículas menores da ordem de 10 milímetros, fazendo com que haja redução de seu volume, facilitando assim seu empacotamento e posterior venda para a Indústria de reuso do material.

No caso do plástico leve utilizado para a fabricação de sacolas, copos, canudos. Seu material é separado, triturado na máquina apropriada e o plástico triturado vai para a máquina que faz o processo de extrusão do polímero com aumento de sua temperatura a 100°Celsius e homogeneização do material para a fabricação

de produtos, são produzidas com o material: sacolas, copos e canudos plásticos (Figura 13).



Figura 13: Figura do plástico tipo PP logo após sua saída da máquina.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A Figura 13 demonstra o local onde são lançados os materiais plásticos de vários tipos como: Polipropileno (PP) que é a base para confecção de copos plásticos, cadeiras, brinquedos, tampinhas de refrigerantes e é muito utilizado por ser uma resina de baixa densidade e de fácil maleabilidade, muito nocivo à biota marinha por ser a base para confecção destes materiais amplamente utilizados pelo homem e que são despejados nos ambientes marinhos (Figura 14 a).

Outro plástico utilizado na mistura será o tipo Policloreto de Vinila (PVC). Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Plástico (ABIPLAST. 2021) “São polímeros que não sofrem alterações na sua estrutura química durante o aquecimento/amolecimento e, portanto, podem novamente ser fundidos após o resfriamento. São recicláveis”.

O PVC possui diversas aplicações como: Filmes para embalar alimentos, solados para calçados, cartões de banco, tubos e conexões de instalações hidráulicas, forros, janelas, portas, pisos laminados, fios, cabos para a indústria da construção civil, brinquedos, lonas, frascos, mangueiras etc. (Figura 14 b).

O Polietileno de baixa densidade (PEBD) é a matéria prima para a fabricação de sacolas plásticas para os supermercados (Figura 14 c).

Após o processo de trituração e homogeneização, o PEBD é extrudado a altas temperaturas, formando uma liga de plástico em forma de macarrão, que em seguida é resfriado em tanques com água, para que depois sejam introduzidos em máquinas

que farão o processo de granulação deste material, ficando com a aparência da (Figura 14 d).

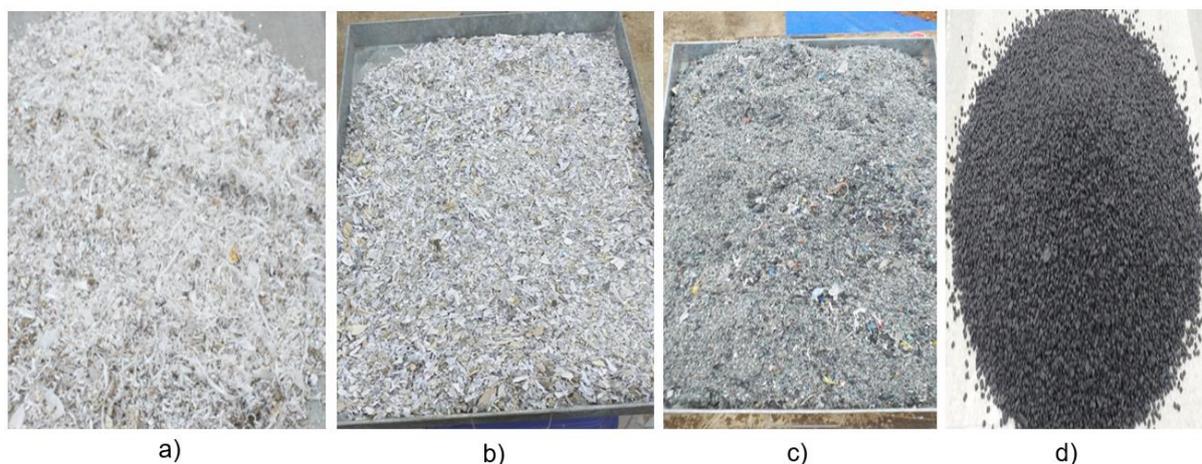


Figura 14 a): Figura do plástico tipo PP triturado; b) plástico tipo PVC; c) plástico tipo PEBD; d) plástico tipo PEBD grânulo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Os materiais foram homogeneizados utilizando-se uma pá manual e uma lona plástica para evitar contaminação do material com o piso do local. A ideia da homogeneização do material plástico coletado é a “Limpeza da Praia”, utilizando todos os plásticos coletados em ambientes costeiros e marinhos, em sua maior proporção de PP, PEAD e PEBD representando 80% e PVC com 20% da mistura. (Figura 15).



Figura 15: Figura do material antes da homogeneização.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O local utilizado para o experimento foram as dependências de laboratórios de materiais de construção civil e solos da Universidade Santa Cecília (Unisantia).

Após a homogeneização do material polimérico, obteve-se um composto com as características da Figura 16.



Figura 16: Figura do material após a homogeneização.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Para a confecção do bloco de concreto com o plástico triturado, foi utilizada forma em aço carbono 16, de tamanho 40x20x10 centímetros (cm). Gerando uma peça com dimensões de 39x19x9cm (Figura 17).



Figura 17: Figura da forma em aço carbono de 2 furos, vista em perfil.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Na Figura 18 é demonstrada a vista superior, em planta da forma, possibilitando a visualização dos 2 furos.



Figura 18: Figura da forma em aço inoxidável de 2 furos, vista superior.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Foi utilizada balança de precisão para o ensaio de granulometria do plástico triturado do tipo modelo BK-4060 de classe III pesando máximo de 4.100 gramas (gr) e mínimo de 0,2gr. Utilizou-se também balança para a pesagem dos materiais constituintes do concreto, de marca MARTE, com capacidade de peso máximo de 51Kg e peso mínimo de 200gr. Para a mistura do concreto utilizou-se uma betoneira de 120 litros do laboratório da Universidade Santa Cecília, com 30 ciclos por minuto (Figura 19).



Figura 19: Figura da betoneira utilizada para homogeneização do concreto.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Para a compactação do material na forma, utilizou-se o equipamento da Universidade Santa Cecília chamado de *Flow table*, permitindo a redução dos vazios no interior da forma, conforme Figura 20.



Figura 20: Figura do *flow table*.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Foram utilizados pó de pedra mais pedrisco na proporção de 10Kg cada, totalizando 20 Kg de material. O pó de pedra tem dimensões variando entre 0,02mm até 2,9mm, abaixo deste valor já é considerado filer e acima é tido como pedra 0 ou pedrisco, o pó de pedra possui a função de dar maior liga ou plasticidade à massa do bloco, é essencial para a maleabilidade e desforma do bloco. A pedra 0 ou pedrisco tem sua dimensão entre 3mm e 6mm, e tem a função de dar maior volume à massa de concreto (Figura 21 a).

Foi utilizada também areia média que possui dimensões entre 1 e 2mm, possuindo a função de redução de vazios na massa de concreto e aumento de volume da mesma (Figura 21 b). Para a introdução da água, utilizou-se uma proveta graduada de 1000ml como da Figura 21 c, permitindo que houvesse maior acurácia na introdução da água e na relação água/cimento. Para o uso do cimento CP V ARI, foram pesados sacos de 5 em 5Kg hermeticamente fechados para evitar a perda do cimento por ação da umidade do ar (Figura 21 d).

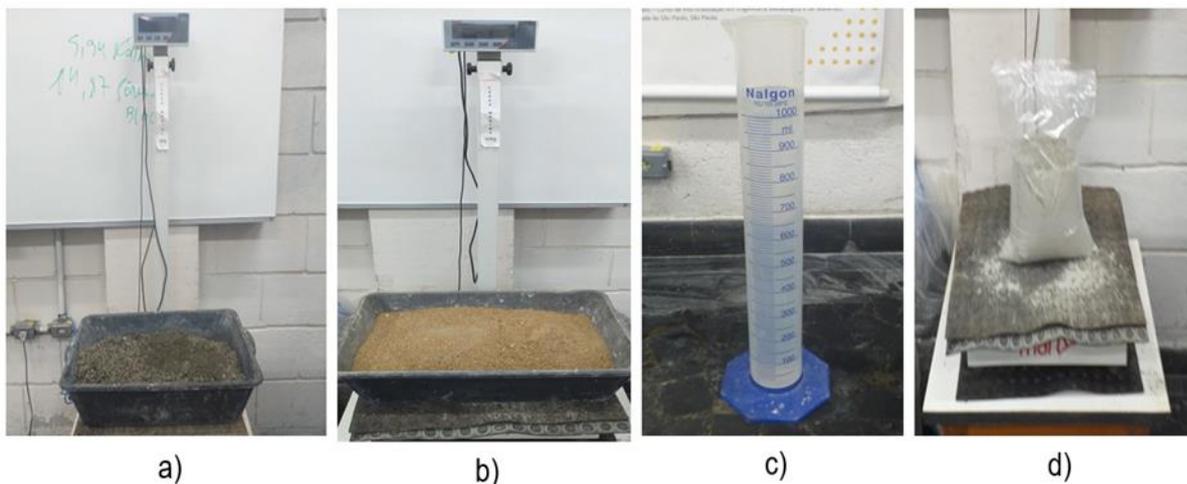


Figura 21 a): Figura do pedrisco e pó de pedra sendo pesados na balança; b) areia média sendo pesada na balança; c) proveta graduada; d) pesagem e separação do cimento.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Para a análise do pH (Potencial hidrogeniônico) do fluido retirado da mistura plástica, utilizou-se funil metálico, frasco de vidro para o armazenamento do líquido, papel filtro para a retenção dos sólidos (Figura 22).



Figura 22: Figura do processo de filtragem e separação do líquido.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Para a medição das paredes do bloco foi utilizado paquímetro graduado em milímetros, importante instrumento para a minuciosa análise dimensional (Figura 23).



Figura 23: Figura do paquímetro graduado.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Para a desforma dos blocos e recapeamento dos mesmos para a preparação do procedimento de ruptura, foi necessário o uso de nível de mão para a preparação dos blocos em superfície perfeitamente plana (Figura 24).



Figura 24: Figura do nível de mão.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Para a análise da resistência à compressão axial e da resistência à flexão, utilizou-se máquina específica de compressão universal localizada no laboratório de mecânica dos solos da Universidade Santa Cecília em Santos/SP. A partir das diretrizes da *American Society for Testing and Materials (ASTM) C-140/2018*, que trata de métodos de teste de especificação padrão para amostragem e teste de unidades de alvenaria de concreto (Figura 25 a).

Foi utilizado Tanque com medida de volume de 100 litros para mergulho dos blocos e análise do peso saturado (Figura 25 b). Utilizou-se de Recipiente plástico dotado de furos para permitir a passagem de água e análise do peso submerso dos blocos e sua posterior análise (Figura 25 c).

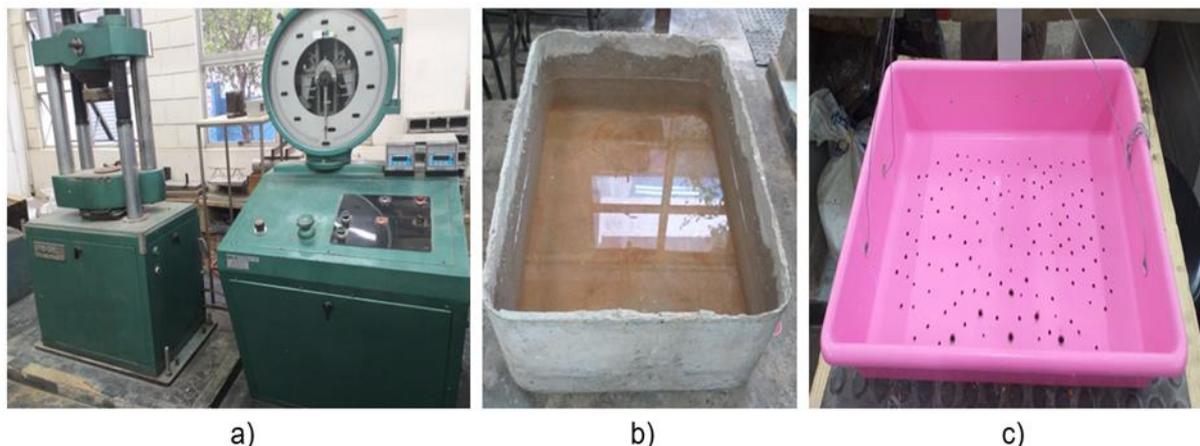


Figura 25 a): Figura da máquina de compressão universal; Figura 31 b): Tanque de imersão; c) recipiente plástico com furos.
 Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Estufa capaz de manter a temperatura no intervalo de (110 ± 5) graus celsius ($^{\circ}\text{C}$), para atender ao item 5.1 da NBR 12118/2013 (Figura 26).



Figura 26: Figura da estufa.
 Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Foi utilizado Lupa objetiva com lente objetiva tipo 10X para análise macroscópica dos cristais de cimento e os fragmentos de plástico incrustados (Figura 27a. Na Figura 27b é demonstrado o uso do pHmetro graduado para análise dos níveis de acidez e alcalinidade das amostras de água destilada com as amostras de blocos com plástico fragmentados. A Figura 27c demonstra o fragmentador manual utilizado para fragmentar a amostra de bloco para análise do pH. E na Figura 27d é demonstrado o termômetro Salvi Casagrande Kilter utilizado nos ensaios de inflamabilidade das amostras dos blocos.

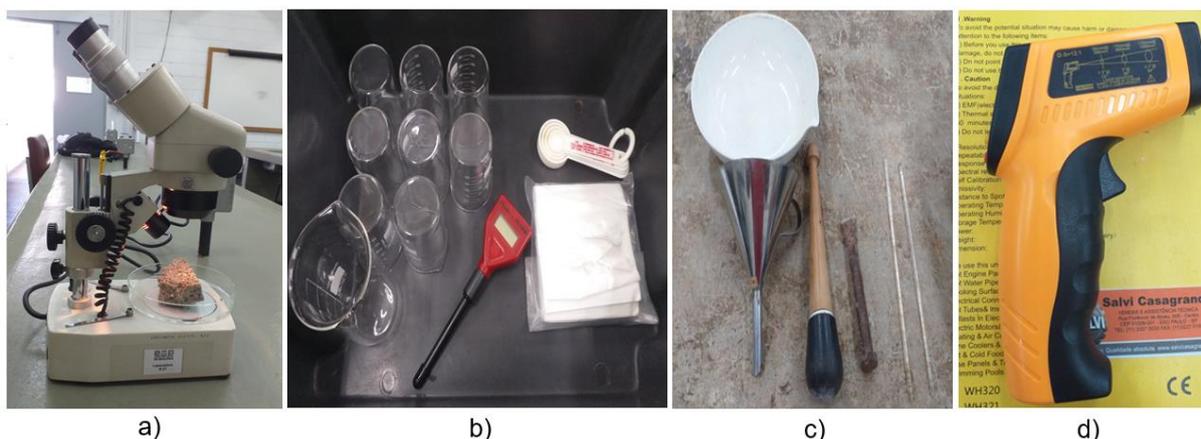


Figura 27 a): Lupa com objetiva 10x; b) pHmetro graduado; c) Equipamento utilizado na fragmentação do modelo; d) Termômetro Kiltler utilizado na análise da inflamabilidade dos modelos.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

2.1 MÉTODOS UTILIZADOS NA CONFECÇÃO DOS BLOCOS

Após o processo de mistura e homogeneização, partiu-se para a etapa de análise granulométrica do composto polimérico, para que se obtenha assim a curva granulométrica e a partir dela, haja maior caracterização do comportamento do material. Como base para o experimento, utilizou-se 300 gramas do material homogeneizado, que foram pesados em uma balança de precisão de modelo BK-4000 conforme (Figura 28).



Figura 28: Figura do material sendo separado em 300gr para ensaio de granulometria.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Para a caracterização do ensaio de granulometria, foi utilizada a norma NBR 7181/2016 - análise granulométrica, peneiras de diâmetro padronizado com medidas de 76mm, 64mm, 50mm, 38mm, 25mm, 19mm, 12,5mm, 9,5mm, 6,3mm, 4,8mm, 2,4mm, 1,2mm, 0,6mm, 0,3mm, 0,15mm, fundo. Onde a partir dos resultados de peso retido em gramas, porcentagem retida, que é a medida retida no fundo da peneira dividida pela referência de 300gr, mais a porcentagem retida acumulada.

O ensaio para a caracterização do material plástico foi realizado utilizando recipiente tipo cápsula de porcelana, onde a tara do recipiente era pesada e descontada do peso do material plástico retido nas peneiras de acordo com a abertura das mesmas (Figura 29 a).

O material retido foi separado nos recipientes de porcelana para uma melhor visualização e caracterização da amostra (Figura 29 b).



Figura 29 a): Execução do ensaio de granulometria; b) Material retido em cada peneira.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

De acordo com a Tabela 1 da NBR 6136/2016 o bloco ensaiado será caracterizado como pertencente à família 10 x 40 cm, com largura de 90 mm, altura de 190mm e comprimento de 390 mm. A classe característica será a do tipo C de acordo com a Tabela 2 da mesma norma. O bloco será considerado com ou sem função estrutural de acordo com a classe C da Tabela 3 da NBR 6136/2016. Onde deverá apresentar uma resistência característica à compressão axial maior ou igual a 3,0 MPa, ou seja 30 Kgf.

O tamanho da amostra será abaixo de 5000 blocos, de acordo com a Tabela 4 da NBR 6136/2016 o número mínimo de blocos para análise dimensional e ao esforço de compressão axial será 6, de acordo com o critério 6.5.1 da NBR 6136/2016 onde não é conhecido o valor do desvio padrão da amostra, a partir das quantidades necessárias para os ensaios e análises, deu-se início ao processo de produção do bloco utilizando-se a fôrma manual (Figura 30).



Figura 30: Figura do processo de produção do bloco.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Durante o processo de pesquisa de campo nas fábricas de blocos na região da baixada santista, os responsáveis pelo traço na produção dos blocos de concreto responderam em sua maioria que cada empresa adota um traço diferente, a depender do material utilizado no concreto.

No laboratório de Materiais de Construção Civil da Universidade Santa Cecília, iniciou-se o processo de testagem do traço, até chegar ao valor de 5Kg de cimento CPV-ARI, 20Kg de areia média, 20Kg de pedrisco com pó de pedra, mais 5L de água limpa. Chegando ao traço em massa na proporção de 1:4:4:1. Gerando dessa maneira betonadas de 50Kg entre materiais aglomerantes e aglomerados, que por sua vez permitia a confecção de 5 blocos de concreto.

Parte importante do processo de fabricação do bloco é a vibro/compactação do material na forma, a compactação realizada de forma ótima permite uma redução do índice de vazios no concreto e conseqüentemente aumento da resistência do concreto. Para a compactação do material de concreto na forma foi utilizado o equipamento encontrado na Universidade Santa Cecília chamado de *flow table*, onde foi preenchido com o material da betonada até a superfície da forma, após esse procedimento, passou-se ao *flow table*, onde foi realizada 4 voltas na manivela seguida da queda da mesa, o que gera uma acomodação do material e redução dos vazios em seu interior, seguida de preenchimento com material novamente, até se atingir a superfície. Foram dadas exatamente 4 voltas pois a observação visual, notou-se que não havia mais a descida do material na forma, e não foi encontrado na literatura algo que instrísse a compactação do concreto para a fabricação de blocos utilizando formas manuais.

Na preparação do concreto na betoneira seguiu-se a sequência de introdução de materiais como indicado nas boas práticas da construção civil que determina que se deve iniciar com a introdução de uma parte da água seguida da pedra (pedrisco e pó de pedra) para que haja a lavagem desse material, seguida da areia, cimento e o restante da água (Figura 31).



Figura 31: Figura da introdução da água na betoneira.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Foi feita a homogeneização do material na betoneira durante 5 minutos, obtendo como resultado um concreto com aparência plástica com boa trabalhabilidade e boa consistência. Aparência muito parecida com a encontrada nas fábricas de blocos visitadas pelo autor da pesquisa (Figura 32).



Figura 32: Figura do bloco de concreto sem adição de plástico.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Aparência do primeiro bloco de concreto simples ou virgem, sem o plástico na composição, produzido para comparação de resultados entre os blocos com o plástico em sua composição. Bloco com aparência robusta de dois furos e visualmente aceito para comercialização. A cura e molhagem dos blocos foi feita utilizando-se pisceta para o controle da água utilizada durante a cura do concreto do bloco até o dia seguinte ao da sua produção (Figura 33).



Figura 33: Figura do processo de molhagem do bloco na Universidade.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Após a produção do bloco de concreto virgem, e análise da viabilidade do traço, partiu-se para a confecção dos blocos com 5% de plástico na composição do concreto (Figura 34).



Figura 34: Figura do processo de lançamento do material plástico.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Na análise macroscópica percebe-se os flocos de plástico incrustados no concreto nas paredes do bloco produzido. Houve diminuição da trabalhabilidade, em observação inicial a massa impregnou menos nas paredes da betoneira, o material se tornou mais seco, e menos plástico, possivelmente pelo volume de plástico utilizado e por este fato ter puxado mais água da massa (Figura 35).



Figura 35: Figura da aparência da massa com 5% de plástico.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Aparência da massa de concreto utilizando-se 5% em massa de plástico. Ou seja 2,5Kg de material plástico em 50Kg de material tipo concreto composto por 20Kg de areia média, 20Kg de pó de pedra mais pedrisco na proporção de 10 para 10Kg, 5 Litros de água, 5Kg de cimento. Totalizando 50Kg de concreto mais 2,5Kg de plástico triturado retirado de áreas estuarinas (Figura 36).



Figura 36: Figura do bloco com 5% de plástico.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Após a confecção do bloco com adição de 5% de plástico na massa do concreto, partiu-se para a produção dos blocos com 10% de plástico em massa, conferindo um protótipo com as características da Figura 37.



Figura 37: Figura do bloco com 10% de plástico.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Com a adição dos 10% em massa de material plástico triturado, houve maior ressecamento dos aglomerantes, maior perda de plasticidade em relação à adição de

5% de plástico, menor trabalhabilidade e com aspecto maior de pontos de plástico incrustados na massa do bloco. Concreto com aparência de estar mais “sujo”. Demonstrando ser mais difícil sua produção.

A produção do bloco com 15% de plástico mostrou-se inviável, uma vez não houve coesão entre os materiais aglomerantes e o cimento, o que culminou com a formação de “torrões” de concreto com plástico (Figura 38).



Figura 38: Figura da massa produzida com 15% de plástico.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A falta de coesão e a formação de torrões na massa impossibilitaram que o bloco com 15% de plástico em sua massa ganhasse viabilidade fazendo com que ele se esfarelasse durante a desforma, não possuindo resistência suficiente para a confecção e uso do bloco com essa proporção de plástico (Figura 39).



Figura 39: Figura da tentativa de produção do bloco com 15% de plástico.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Foi realizada a experimentação da produção do bloco, substituindo o pedrisco por plástico triturado nas mesmas condições da inicial mantendo os demais materiais

e proporções, ou seja, foram substituídos 10Kg de pedrisco por plástico, mantendo os 10Kg de pó de pedra, 5L de água, 20Kg de areia, 5Kg de cimento ARI CP V, cujo resultado é a confecção de um bloco de aparência da Figura 40.



Figura 40: Figura do bloco produzido sem pedrisco.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Na confecção do bloco, a massa apresentou característica bastante heterogênea pela grande quantidade de plástico incrustado, e por apresentar perda da trabalhabilidade e ressecamento do material, o que ocasionou uma grande dificuldade para sua desforma, o bloco desmoronava continuamente.

Após a produção e cura dos blocos de concreto com plástico, mostraram-se visivelmente robustos e de difícil identificação do material plástico no concreto após a cura e a tonalidade tornar-se cinza claro (Figura 41).

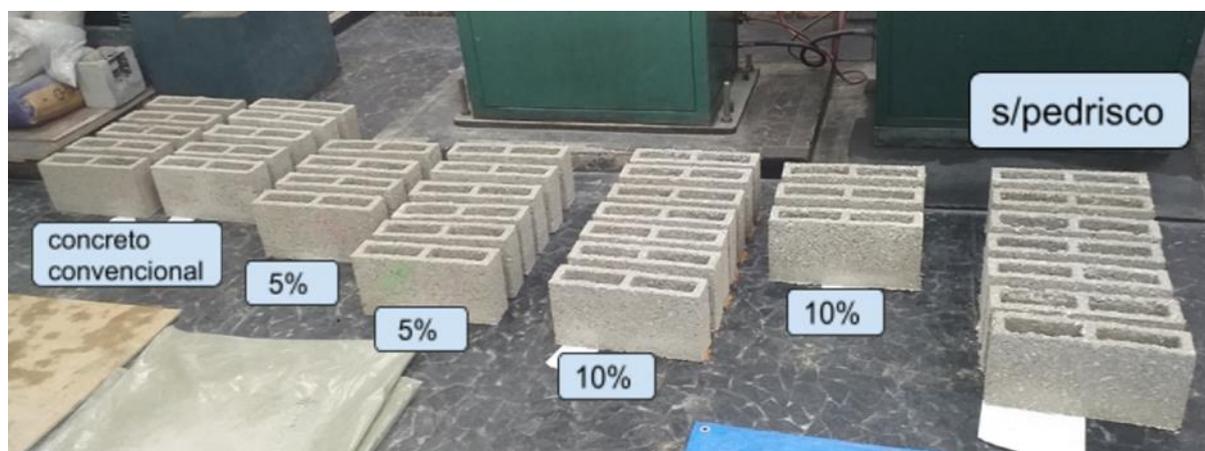


Figura 41: Figura dos blocos produzidos com diferentes proporções de plástico.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A NBR 12118/2013 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria, determina em seu item 3.5 ser a resistência à compressão “A relação entre a carga de ruptura e a área bruta do corpo de prova quando submetido ao ensaio de compressão axial”. Sendo a resistência à compressão axial dos blocos com adição de plástico, objeto de maior interesse para verificação de aceitabilidade pela NBR 6136/2016 e possibilidade de uso na indústria da construção civil.

Para tanto, se fez necessário a produção de pasta de cimento e água na proporção de 1 para 2. para atendimento ao item 6.2.1 da NBR 12118/2013 onde determina-se a regularização das faces dos blocos que serão ensaiados à compressão através do recapeamento e nível (Figura 42).



Figura 42: Figura do bloco recapeado e no nível.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Foi realizado o recapeamento em apenas uma das faces do bloco em todos os 6 blocos que foram ensaiados à compressão de acordo com a NBR 6136/2016, haja vista apenas uma das faces possuir os furos, a outra face do bloco já se encontra regularizada (Figura 43).



Figura 43: Figura dos 6 blocos capeados e nivelados.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Para a análise das dimensões das paredes dos blocos e dos furos, utilizou-se paquímetro graduado com resolução mínima de 0,05mm (Figura 44).



Figura 44: Figura da análise dimensional do bloco.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

De acordo com a Tabela 1 da NBR 6136/2016 o bloco produzido pertence a família 10x40, onde sua largura corresponde à 90mm, sua altura corresponde à 190mm, onde as tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos indicados em sua Tabela 1 são de + ou - 2,0mm para a largura e 3,0mm para a altura e para o comprimento.

Ainda de acordo com o item 5.1.2 da NBR 6136/2016 a espessura mínima de qualquer parede de bloco deve atender a Tabela 2 da mesma norma. Sendo a tolerância permitida nas dimensões das paredes de 1,0mm para cada valor individual. De acordo com a Tabela 2 da NBR 6136/2016 o bloco produzido pertence à classe C com largura nominal de 90mm.

Para a análise do pH foi utilizado 50gr de uma amostra de cada bloco analisado mais 100ml de água destilada, gerando 80ml de solução conforme Figura 45.



Figura 45: Figura da análise do pH das amostras.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Para a determinação da absorção de água dos blocos, foi seguida a sequência determinada pelo item 5.2.1.1 da NBR 12118/2013.

- a) Levar os corpos de prova à estufa, elevar a temperatura até $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ e mantê-los nessa condição por 24h.
- b) Determinar a massa do corpo de prova após o período de 24h, anotar o valor encontrado e colocá-los novamente na estufa por no mínimo 2h.
- c) Repetir a operação descrita acima, a cada 2h, até que em duas determinações sucessivas não se registre para o corpo de prova diferença de massa superior a 0,5% em relação ao valor anterior. (Figura 46).



Figura 46: Figura dos modelos na estufa.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Para a análise da perda de massa de água na estufa e determinação da absorção e área líquida dos blocos, foram utilizados no mínimo 3 blocos atendendo ao disposto na Tabela 4 da NBR 6136/2016. Obtendo para os blocos sem plástico na composição os seguintes valores:

Massa do corpo de prova seco (m_1) em estufa, expresso em gramas (gr).

Para a determinação do peso saturado (m_2) os blocos foram imergidos em tanque com temperatura constante de $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$, mantendo-os imersos por 24h segundo item 5.2.1.2 da NBR 12118/2013 (Figura 47 a).

Depois da saturação dos blocos em 24h imersos, houve a drenagem dos mesmos durante 60 segundos sobre tela de abertura de malha maior ou igual a 9,5mm, removendo a água superficial com um pano úmido de acordo com item 5.2.1.2 da NBR 12118/2013 b (Figura 47 b).

Para a determinação da massa aparente (m_3) dos blocos foi utilizada a balança nominal de 50Kg com adaptações de recipientes para a conversão em balança do tipo hidrostática, obtendo assim, a massa submersa (m_3) dos blocos (Figura 47 c).

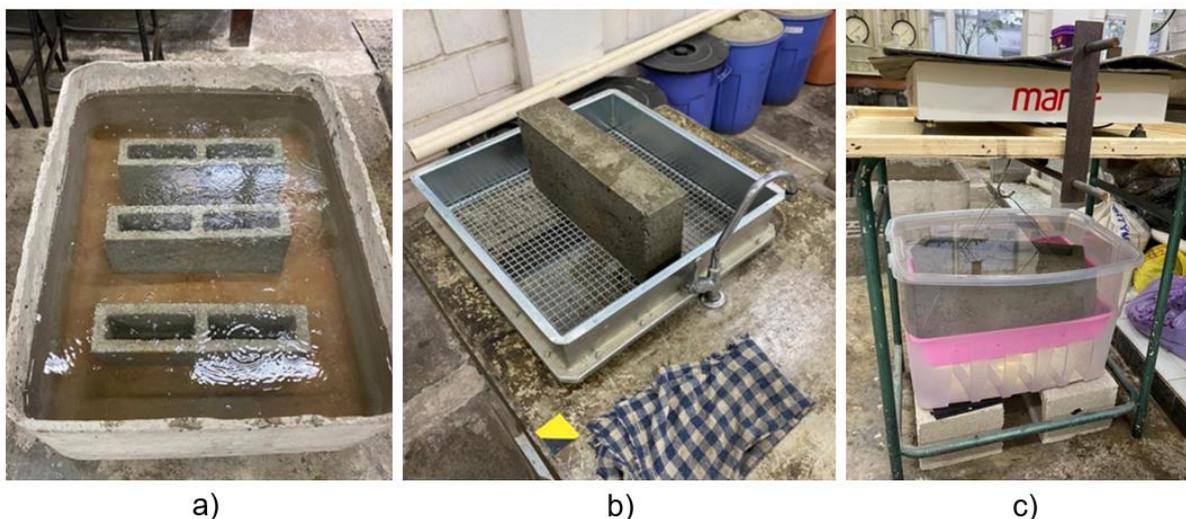


Figura 47 a): Figura das amostras no tanque de imersão; b) Amostras em tela de aço para secagem do excesso de água; c) Amostras submersas para análise do peso submerso.
 Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Após a determinação da área bruta dos corpos de prova, iniciou-se o ensaio de compressão dos blocos, o ensaio foi executado no laboratório de materiais de construção civil da Universidade Santa Cecília (UNISANTA), seguindo as diretrizes da NBR 12118/2013 e NBR 6136/2016 para a sua realização, foi utilizado equipamento de compressão axial que atende aos requisitos da NBR Norma Mercosul (NM) *International Standard Organization (ISO) 7500 - 1* para laboratórios e ensaios, possuindo placas de apoio de 50mm para cargas de até 1000Kn. O ensaio de compressão foi realizado com exatamente 6 exemplares conforme consta na Tabela 4 da NBR 6136/2016 com lotes inferiores a 5.000 blocos. E com a ASTM C140-18 (*American Society for Testing and Materials*), atendendo a seu item 5.2.1. Salvo especificação em contrário no anexo aplicável, um conjunto de unidades deve consistir em seis unidades de tamanho normal. O corpo de prova capeado foi devidamente colocado no centro de gravidade coincidindo com o eixo de carga entre as placas de apoio (Figura 48 a).

A Figura 48 b demonstra o de prova com a face regularizada através de capeamento, sendo inserido no aparelho de compressão da Universidade Santa Cecília.

Finalmente a Figura 48 c exhibe o corpo de prova já devidamente posicionado e recebendo a carga de compressão axial para análise da principal exigência normativa, que é a capacidade de resistir aos esforços de compressão axial.

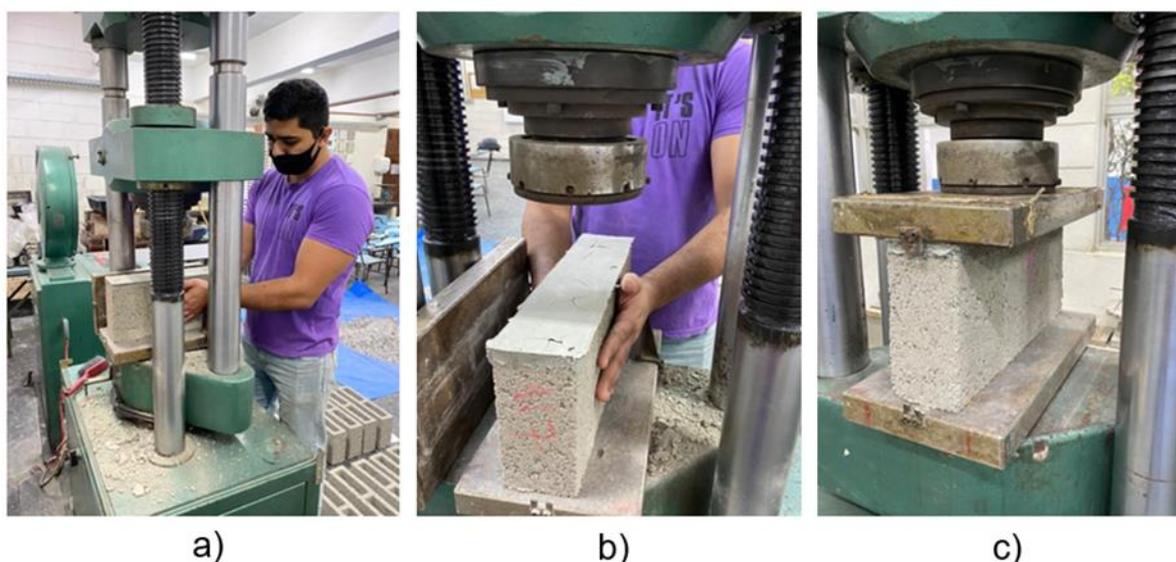


Figura 48 a): Ensaio de compressão; b) Corpo de prova capeado; c) Corpo de prova na máquina de compressão.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A análise granulométrica permitiu a criação de um gráfico a partir do software Excel, onde os dados coletados foram distribuídos em 16 linhas e 5 colunas, a partir do valor de referência de 300 gramas de material plástico, sendo nas linhas distribuídos os valores das aberturas das peneiras e nas colunas o tipo de peneira, o peso que fica retido na peneira, a porcentagem retida em relação ao total analisado, a porcentagem acumulada e a porcentagem de material plástico que passa na abertura da peneira (Tabela 1).

A seguir, determinou-se a resistência característica à compressão ($f_{bk,est}$) referida à área bruta, de acordo com o item 6.5.1 da NBR 6136/2016.

$$f_{bk,est} = 2[fb(1) + fb(2) + \dots + fb(i-1)/i-1] - f_{bi} \text{ (Equação 1)}$$

Sendo:

$i = n/2$, se n for par.

Onde:

$fb(1), fb(2), \dots, fb(i)$. São os valores de resistência à compressão individuais dos corpos de prova da amostra, ordenados crescentemente;

n é igual à quantidade de blocos da amostra.

3.RESULTADOS

Tabela 1: Análise granulométrica, valor de referência de 300 gramas.

Peneira	Peso Retido (g)	% Retida	% Retida Acumulada	% que passa
76,0	0,00	0,00	0,00%	100%
64,0	0,00	0,00	0,00%	100%
50,0	0,00	0,00	0,00%	100%
38,0	0,00	0,00	0,00%	100%
25,0	0,00	0,00	0,00%	100%
19,0	0,00	0,00	0,00%	100%
12,5	0,00	0,00	0,00%	100%
9,5	7,55	2,52	2,52%	97,48%
6,3	22,99	7,66	10,18%	89,82%
4,8	34,46	11,49%	21,67%	78,33%
2,4	117,30	39,10%	60,77%	39,23%
1,2	78,79	26,26%	87,03%	12,97%
0,6	29,95	9,98%	97,02%	2,98%
0,3	5,97	1,99%	99,01%	0,99%
0,15	1,75	0,58%	99,59%	0,41%
Fundo	1,24	0,41%	100,00%	0%

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A partir dos dados da Tabela 1 obteve-se a curva granulométrica através de valores distribuídos em 2 eixos, sendo vertical e horizontal, onde no eixo vertical foram utilizados os valores da porcentagem que passa na peneira, e no eixo horizontal as dimensões da peneira. Pode-se analisar a curva de granulometria utilizando-se o software Excel (Figura 49).

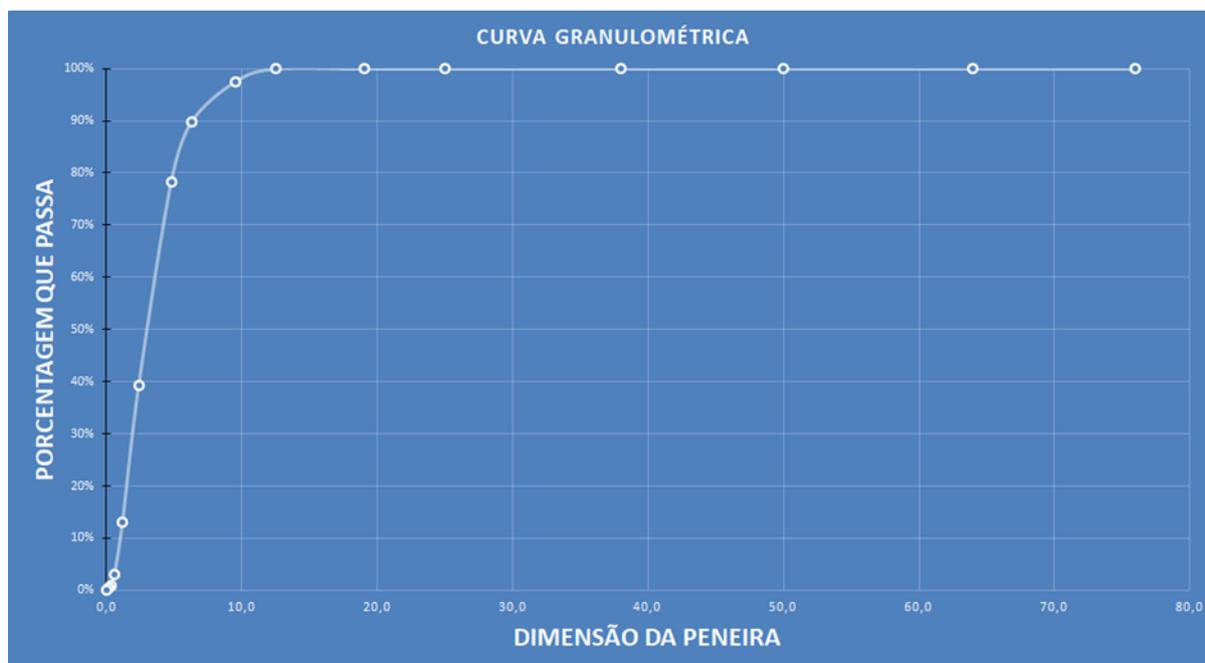


Figura 49: Curva de granulometria
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Todos os blocos produzidos com o concreto sem o plástico atenderam aos requisitos da NBR 6136/2016 em relação às dimensões e tolerâncias. A média da massa em quilograma dos blocos foi de: 8,36Kg.

Sendo a A_b (área bruta) do corpo de prova expressa em milímetros quadrados, segundo o item 4.3 da NBR 12118/2013. É a multiplicação da largura (b) pelo comprimento do corpo de prova (l). Sendo realizadas a medição da área bruta dos seis primeiros corpos de prova, para a determinação das resistências, que devem ser divididas pela área bruta dos blocos segundo o item 6.3 d) da NBR 12118/2013 (Quadro 3).

Quadro 3: Dados da área bruta dos blocos sem plástico.

Bloco	Área Bruta(mm ²)
1	34.888
2	34.496
3	34.977
4	34.888
5	34.888
6	34.584

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Sendo 1 Tonelada Força equivalente a 9.806,7 Newtons, e a Resistência à Compressão dos corpos de prova, expressa em Mega Pascal (MPa), obtido dividindo-se a carga máxima em newtons (N), pela área bruta em milímetros quadrados (mm²) (Quadro 4).

Quadro 4: Dados de resistência à compressão dos blocos sem plástico.

Corpo de prova aos 28 dias	Tonelada Força	Kgf (Kilograma Força)	N (Newton)	Resistência à compressão Megapascal (MPa) Mínimo de 3MPa NBR 6116/2016
Bloco 1	11,74	11740	115.134,2	3,30
Bloco 2	11,69	11690	114.643,8	3,32
Bloco 3	12,06	12060	118.272,4	3,38
Bloco 4	11,89	11890	116.605,2	3,34
Bloco 5	12,87	12870	126.216,1	3,61
Bloco 6	10,96	10960	107.484,7	3,11

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

$$fb(1)=3,11$$

$$fb(2)=3,30$$

$$fb(3)=3,32$$

$$n = 6$$

$$i = 6/2 \text{ pois } n \text{ é par} = 3$$

$$\text{eq.(1) } fbk,est = 2[(3,11 + 3,30)/2] - 3,32$$

$$fbk,est = 3,09 \text{ MPa}$$

No Quadro 5 são apresentadas as forças de resistência característica à compressão dos blocos com 5% de plástico na amostra.

Quadro 5: Dados de resistência à compressão dos blocos com 5% de plástico.

Corpo de prova aos 28 dias	Tonelada Força	Kgf (Kilograma Força)	(Newton)N	Resistência à compressão Megapascal (MPa) Mínimo de 3MPa NBR 6116/2016
Bloco 1	10,74	10740	105.323,9	3,03
Bloco 2	10,69	10690	104.833,6	3,02
Bloco 3	10,96	10960	107.481,4	3,04
Bloco 4	11,15	11150	109.344,7	3,14
Bloco 5	12,87	12870	126.212,2	3,62
Bloco 6	11,26	11260	110.423,6	3,12

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Resistência característica ($f_{bk,est}$) à compressão dos blocos com 5% de plástico na composição.

$$f_b(1)=3,02$$

$$f_b(2)=3,03$$

$$f_b(3)=3,04$$

$$n = 6$$

$$i = 6/2 \text{ pois } n \text{ é par} = 3$$

$$\text{eq.(1) } f_{bk,est} = 2[(3,02 + 3,03)/2] - 3,04$$

$$f_{bk,est} = 3,01 \text{ MPa}$$

A Figura 66 demonstra o formato de ruptura do bloco com 5% de plástico na amostra, ruptura do tipo cisalhamento em diagonal, esse formato de ruptura indica que houve boa transmissão das tensões por entre os constituintes do bloco, não gerando esmagamento por excesso de tensões em pontos do modelo analisado (Fig. 50).



Figura 50: Corpo de prova na máquina de compressão.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A seguir iniciou-se os estudos com os modelos que possuíam 10% de plástico na amostra, cujos resultados das análises dimensionais e de massa.

O Quadro 6 demonstra a área bruta dos blocos com 10% de plástico em massa.

Quadro 6: Dados da área bruta dos blocos com 10% de plástico.

Bloco 10% Plástico	Área Bruta(mm ²)
1	34.710
2	34.320
3	34.710
4	34.799
5	35.280
6	35.100

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Resistência característica à compressão dos blocos com 10% de plástico na composição($f_{bk,est}$).

$$f_{b(1)}=2,00$$

$$f_{b(2)}=2,17$$

$$f_{b(3)}=2,29$$

$$n = 6$$

$$i = 6/2 \text{ pois } n \text{ é par} = 3$$

$$\text{eq.(1) } f_{bk,est} = 2[(2,00 + 2,17)/2] - 2,29$$

$$f_{bk,est} = 2,00 \text{ MPa}$$

O Quadro 7 traz os dados da área bruta dos blocos produzidos com a substituição do pedrisco por plástico.

Quadro 7: Dados da área bruta dos blocos com substituição do pedrisco por plástico.

Bloco substituição do pedrisco por Plástico	Área Bruta(mm ²)
1	34.710
2	34.710
3	34.888
4	34.799
5	35.280
6	35.100

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A equação 1 traz o valor da resistência característica à compressão dos blocos com a substituição do pedrisco por plástico na composição.

$$fb(1)=1,50$$

$$fb(2)=1,53$$

$$fb(3)=1,75$$

$$n = 6$$

$$i = 6/2 \text{ pois } n \text{ é par} = 3$$

$$\text{eq.(1) } fb_{k,est} = 2[(1,50 + 1,53)/2] - 1,75$$

$$fb_{k,est} = 1,28 \text{ MPa}$$

-
- Bloco de concreto sem plástico:

Absorção de água em porcentagem (%):

$$\text{eq.(2) } a = (m_2 - m_1 / m_1) \times 100.$$

$$\text{Média da absorção} = (9183 - 8363 / 8363) \times 100 = 9,8\%$$

Área líquida em (mm²):

$$\text{eq.(3) } (m_2 - m_3 / h \times y) \times 100$$

Sendo (h) a altura média do bloco em milímetros.

E (y) a massa específica da água utilizada no ensaio, expressa em gramas por centímetro cúbico.

$$\text{Média da área líquida} = (9183 - 4887 / 190 \times 1) \times 100 = 2261\text{mm}^2$$

Umidade relativa (Ur) expresso em porcentagem (%):

$$\text{eq.(4) } Ur = (m - m_1 / m_2 - m_1) \times 100$$

$$\text{Média} = (8603 - 8363 / 9183 - 8363) \times 100 = 29,27\%$$

- Bloco com 5% de plástico

Absorção de água em porcentagem (%):

$$\text{eq.(2) } a = (m_2 - m_1 / m_1) \times 100$$

$$\text{Média} = 8343 - 7530 / 7530 \times 100 = 10,80\%$$

Área líquida em (mm²):

$$\text{eq.(3) } (m_2 - m_3 / h \times y) \times 100$$

$$\text{Média} = (8343 - 4153 / 190 \times 1) \times 100 = 2205,3\text{mm}^2$$

Umidade relativa (Ur) expresso em porcentagem (%):

$$\text{eq.(4) } Ur = (m - m_1 / m_2 - m_1) \times 100$$

$$\text{Média} = (7756 - 7530 / 8343 - 7530) \times 100 = 27,8\%$$

- Bloco com 10% de plástico

Absorção de água em porcentagem (%):

$$\text{eq.(2) } a = (m_2 - m_1 / m_1) \times 100$$

$$\text{Média} = (7837 - 7013 / 7013) \times 100 = 11,75\%$$

Área líquida em (mm²):

$$\text{eq.(3) } (m_2 - m_3 / h \times y) \times 100$$

$$\text{Média} = (7837 - 3237 / 190 \times 1) \times 100 = 2421\text{mm}^2$$

Umidade relativa (Ur) expresso em porcentagem (%):

$$\text{eq.(4) } Ur = (m - m_1 / m_2 - m_1) \times 100$$

$$\text{Média} = (7510 - 7013 / 7837 - 7013) \times 100 = 60,32\%$$

- Bloco com com substituição do pedrisco por plástico

Absorção de água em porcentagem (%):

$$\text{eq.(2) } a = (m_2 - m_1 / m_1) \times 100$$

$$\text{Média} = (6457 - 5517 / 5517) \times 100 = 17,03\%$$

Área líquida em (mm²):

$$\text{eq.(3)} (m_2 - m_3 / h \times y) \times 100$$

$$\text{Média} = (6457 - 2437 / 190 \times 1) \times 100 = 2115,79 \text{ mm}^2$$

Umidade relativa (Ur) expresso em porcentagem (%):

$$\text{eq.(4)} Ur = (m - m_1 / m_2 - m_1) \times 100$$

$$\text{Média} = (5730 - 5517 / 6457 - 5517) \times 100 = 22,66\%$$

Análise da Figura ampliada por aparelho lupa 10x em bloco de concreto com 5% de plástico, indicando a impregnação de fragmento de plástico nos vazios do concreto (Figura 51).

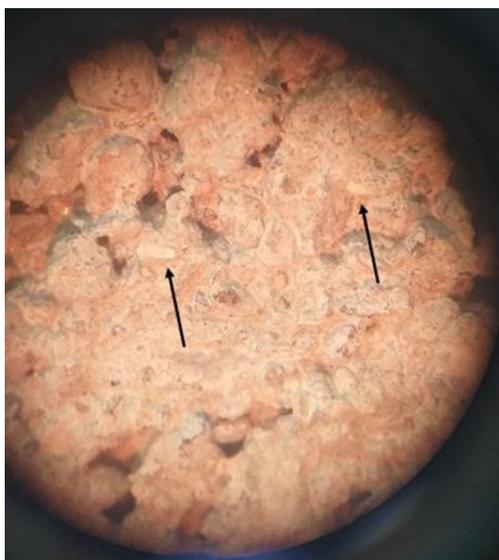


Figura 51: Figura macroscópica do bloco com 5% de plástico.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Foi realizado ensaio de flexão de três pontos nos blocos para analisar sua capacidade de resistir ao respectivo esforço e investigar a influência do plástico em seu comportamento, a análise é importante pois os blocos são por vezes colocados à similaridade de uma viga como em vãos de portas e janelas, as chamadas vergas e contra vergas, que receberão os esforços dos blocos adjacentes e distribuíram aos demais, sua baixa capacidade de resistir à flexão se comparado a sua alta capacidade de resistir aos esforços de compressão, neste caso, irá gerar patologias nas estruturas como fissuras nas paredes (Figura 52).



Figura 52: Figura do rompimento do bloco com 5% de plástico sob ação fletora.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Onde foram obtidos os seguintes resultados até a ruptura de flexão, dados em tonelada força (Quadro 8).

Quadro 8: Comparação entre as resistências à flexão entre os modelos.

Tipo de bloco	Tf	Kgf	Newton	MPa
Bloco de concreto virgem	1,57	1570	15.396,5	0,44
Bloco com 5% de plástico em massa	1,23	1230	12.062,2	0,35
Bloco com 10% de plástico em massa	1,18	1180	11.571,9	0,33
Bloco com substituição do pedrisco por plástico	1,10	1100	10.787,3	0,31

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

No Quadro 9 abaixo são apresentados os dados comparativos gerais entre os modelos, suas capacidades de resistência à compressão, flexão, absorção de água, massa média, área líquida e umidade relativa.

Quadro 9: Quadro geral de resistências, massa, umidade, absorção de água e massa dos modelos.

Média das análises	Resistência à compressão (MPa)	Resistência à tração (Mpa)	Massa média (Kg)	Taxa de absorção de água em (%)	Área líquida (mm ²)	Taxa de Umidade Relativa em (%)
Bloco de concreto sem plástico	3,34	0,44	8,60	9,8	2261	29,27
Bloco de concreto C/ 5% de plástico	3,16	0,35	7,75	10,8	2205	27,8
Bloco de concreto C/ 10% de plástico	2,36	0,33	7,50	11,75	2421	60,32
Bloco de concreto com substituição do pedrisco por plástico	1,77	0,31	5,73	17,03	2115	22,66

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Ensaio para a determinação do pH das amostras dos blocos e grau de turbidez (Figura 53).



Figura 53: Figura dos modelos e das amostras com aumento da porcentagem de plástico: Bloco sem plástico, bloco com 5% de plástico, bloco com 10% de plástico e bloco com substituição de pedrisco por plástico.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Como resultado fica evidente o elevado grau de turbidez com a maior quantidade de plástico na amostra, modelos na sequência da esquerda para a direita: bloco sem plástico, 5%, 10% e bloco com substituição do pedrisco por plástico (Figura 54).



Figura 54: Figura da turbidez com o aumento da porcentagem de plástico.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Os valores de pH encontrados nas amostras, demonstram que com o incremento do plástico no bloco de concreto, mais ácido a amostra se torna, pois tende a baixar o valor do pH, em detrimento do pH básico determinado no concreto pela ação do cimento (Quadro 10).

Quadro 10: Níveis de potencial hidrogeniônico dos modelos.

TIPO DE BLOCO	NÍVEL DE pH
Bloco de concreto virgem	11,52
Bloco com 5% de plástico em massa	9,0
Bloco com 10% de plástico em massa	8,4
Bloco com substituição do pedrisco por plástico	8,35
somente plástico	8,0

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Os blocos foram submetidos à ação de chamas através do equipamento chamado de bico de Bunsen, onde os blocos foram dispostos em posição transversal à chama à distância de 10 cm e expostos ao calor durante 3 minutos conforme Figura 55 a), com bloco sem plástico.

Já na Figura 55 b) é demonstrada a inflamabilidade de exposição à chama do bloco com 5% de plástico onde fica evidente sua maior área de chama em relação ao bloco sem plástico.

Na Figura 55 c) existe maior área de chama com o bloco de 10% de plástico na composição em relação ao de 5%.

A Figura 55 d) evidencia o modelo com substituição do pedrisco por plástico, observa-se maior área inflamável em relação aos blocos com composições menores de plástico.

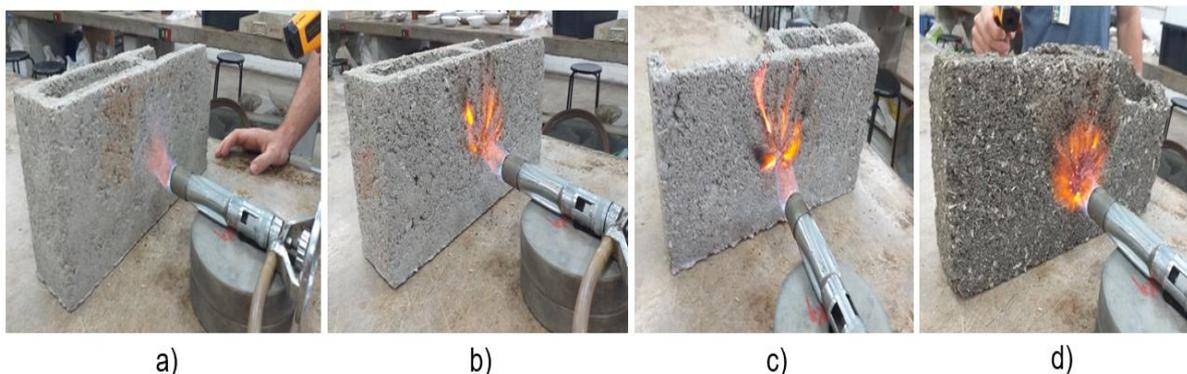


Figura 55 a): Exposição da inflamabilidade do bloco sem plástico; b) Inflamabilidade do bloco com 5% de plástico; c) Inflamabilidade do bloco com 10% de plástico; d) Inflamabilidade do bloco com substituição de pedrisco por plástico.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Na Figura 56, há a disposição linear dos blocos na sequência: bloco sem plástico, com 5%, 10% e o último bloco com a substituição do pedrisco por plástico, evidenciando a maior área de chamas nos blocos com incremento de plástico.



Figura 56: Figura da inflamabilidade dos blocos com aumento de plástico na composição.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Foi feita a análise das temperaturas das faces dos blocos com termômetro portátil a distância de 10cm no lado chama, meio do bloco e lado contrário à chama do bico de bunsen quando expostos durante 3 minutos a 300 graus celsius. Evidenciando que não houve diferença significativa entre os valores encontrados entre os modelos sem plástico, 5%, 10% e substituição do pedrisco por plástico (Quadro 11).

Quadro 11: Verificação da temperatura dos blocos expostos à chama do Bico de Bunsen.

TIPO DE BLOCO	POSICIONAMENTO	TEMPERATURA EM GRAUS CELSIUS
SEM PLÁSTICO	LADO CHAMA	300°
	MEIO DO BLOCO	27°
	LADO CONTRÁRIO À CHAMA	27°
5% PLÁSTICO	LADO CHAMA	300°
	MEIO DO BLOCO	27°
	LADO CONTRÁRIO À CHAMA	26°
10% PLÁSTICO	LADO CHAMA	300°
	MEIO DO BLOCO	30°
	LADO CONTRÁRIO À CHAMA	26°
SEM PEDRISCO	LADO CHAMA	300°
	MEIO DO BLOCO	35°
	LADO CONTRÁRIO À CHAMA	25°

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Foi realizado um plano de negócios a fim de verificar os custos de produção dos blocos com e sem plástico e comparação de valores para o mercado consumidor utilizando como base a tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI).

Os dados do quadro 12 demonstram os custos para a produção de uma betonada de 50Kg de concreto na betoneira, chamada de “betonada”.

Quadro 12: Quantificação de material utilizado para uma betonada de 50Kg e precificação em reais.

Material	preço por kg	total
5kg cimento CPV	R\$ 1,00	R\$ 5,00
20kg areia média	R\$ 0,20	R\$ 4,00
20kg pedrisco	R\$ 0,20	R\$ 4,00
5l água	R\$ 0,0025	R\$ 0,01
2,5kg plástico	R\$ 0,40	R\$ 1,00
	total	R\$ 14,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Já o quadro 13 demonstra os custos de produção dissolvidos entre a quantidade de blocos produzidos com uma betonada e seu valor de venda no mercado.

Quadro 13: Comparação entre os custos de produção do bloco com 5% de plástico e sem plástico, e seu preço de venda em reais pela tabela SINAP/SP.

Custo para a produção de 1 betonada de 50Kg	valor em reais	total de blocos produzidos	valor de custo unitário por bloco	preço de venda bloco de vedação classe c 9x19x39cm (Tabela SINAP/SP) por unidade
Com plástico 5%	R\$ 14,00	6	R\$ 2,35	R\$ 2,80
Sem plástico	R\$ 13,00	5	R\$ 2,60	

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

4.DISCUSSÃO

Os dados extraídos do presente estudo indicam que é possível e viável a produção de blocos de concreto com o incremento de até no máximo 5% de material plástico, sem que assim, hajam maiores perdas de capacidade de resistência aos esforços principalmente de compressão, atendendo dessa maneira às normas de qualidade NBR 6136/2016.

Estes resultados podem prover inúmeros benefícios ao meio ambiente costeiro e marinho pela blindagem desse material que é extremamente tóxico à fauna e flora marinhas (ZIMMERMANN *et al.*, 2021).

Na betonada de 52,5Kg, sendo 2,5Kg de plástico a 5% em massa de concreto, são produzidos 6 blocos, cada bloco recebe 0,417Kg de plástico. Considerando a área de um bloco com as dimensões de 0,39m x 0,19m que dá uma área de 0,074m², considerando uma casa pequena com área de paredes totalizando 60m², serão necessários 811 blocos com as medidas acima, o que captaria uma estimativa de 338Kg de plástico em apenas uma residência construída com esse modelo construtivo.

Os materiais plásticos contêm misturas complexas de produtos químicos em sua composição que podem ser tóxicos, além disso, estes materiais possuem uma grande capacidade de adsorver contaminantes do meio circundante como por exemplo: poluentes orgânicos persistentes, bifenilas policlorados (PCBs), hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs) e diclorodifeniltricloroetano (DDT) e fármacos antibióticos como: sulfadiazina (SDZ), amoxicilina (AMX), tetraciclina (TC), ciprofloxacina (CIP) e trimetropina (TMP) (FU *et al.*, 2021.)

Como os ambientes marinhos e terrestres são interligados, alterações em um ambiente podem diretamente impactar o outro (THUSHARI *et al.*, 2020), nesta situação a alteração seria de forma benéfica, pois se removeria estes contaminantes do ambiente. Além disso, pensando além da escala local, plásticos à deriva nos

oceanos podem facilitar o transporte de poluentes em todo o mundo (WANG et al., 2020).

Além do contexto ambiental, a aplicação do plástico retirado dos oceanos terá um impacto social. Segundo Koundouri *et al.* (2020). Estima-se que o lixo marinho cause uma perda econômica anual de 61,7 milhões de euros à frota de pesca da UE devido à redução das capturas e danos às embarcações, enquanto as praias poluídas podem desencorajar os turistas com a consequente perda de empregos no setor.

Refletindo, em termos da análise do plano de negócios houve a percepção de que a betonada de 50Kg com plástico se torna mais cara em 1 real, porém com a maior produção de blocos na betonada com plástico se comparada a betonada sem o plástico, o valor é diluído na maior quantidade de blocos produzidos, reduzindo assim o valor por bloco produzido da ordem de 25 centavos por unidade. O que poderá gerar um grande retorno econômico para o investidor que o fizer em grande escala.

Depois de todos os ensaios, obteve-se que 5% de plástico nos blocos de concreto, seria o cenário mais seguro. No protótipo obtido com a adição de 5% de plástico em sua composição houve uma percepção visual dos pontos de plástico aparentes incrustados em sua superfície de forma mais preponderante no bloco ainda úmido.

Observa-se também através da análise macroscópica na lupa de 10x em uma amostra do bloco com 5% de plástico na amostra, os pontos de plástico incrustados nos cristais de cimento, o que dá a ideia de como ocorre essa interação e sua consequente influência junto aos comportamentos mecânicos, físicos e químicos do bloco. Interferindo negativamente na distribuição de forças entre os constituintes do concreto, fazendo com que haja a diminuição das resistências tanto de compressão, quanto da resistência de flexão da amostra, apesar de o plástico ser um material extremamente flexível. Os resultados demonstraram que os blocos com incremento de 5% de plástico atendem aos requisitos de compressão sendo o mínimo determinado pela NBR 6136/2016 de 3 Mega Pascal, resultado este que coincide com os do trabalho realizado por Mattar 2012, que disserta sobre a aprovação unicamente dos blocos com 5% de plástico na composição, uma vez que não apresentaram qualquer problema estrutural, sendo, portanto, a composição ideal para a confecção dos modelos.

O protótipo apresenta arestas vivas, dimensões compatíveis com produtos similares utilizados no mercado da construção civil, paredes com aspecto normal com espessuras de 20mm.

Através dos ensaios mecânicos realizados nos blocos na sequência: sem a adição de plástico, com 5% de plástico, 10% e com a substituição do pedrisco por plástico, foram observados e analisados os dados de suas resistências e comparados uns com os outros e com trabalhos similares.

Com a análise do potencial hidrogeniônico (pH) da amostra, foi possível também observar visualmente o nível de turbidez da amostra, que é a quantidade de partículas em suspensão, observando que houve um aumento considerável da turbidez da amostra, tanto quanto maior for a quantidade de plástico utilizada. Sendo o primeiro bloco analisado sem plástico na composição, segundo com 5% de plástico em massa, terceiro com 10% e o quarto com a substituição do pedrisco com plástico, após feita a análise do pH dos blocos, foi realizado ensaio visando verificar a inflamabilidade dos blocos com os diferentes teores de plástico.

O foco do trabalho foi a redução da poluição por resíduos plásticos, assim se utilizou no experimento os tipos de plásticos mais encontrados nestes ambientes, costeiros e marinhos como: Polietileno de alta densidade (PAD); Polietileno de baixa densidade (PBD); Policloreto de vinila (PVC) e polipropileno (PP). Porém entende-se que o tipo de plástico poderia influenciar na resistência mecânica dos modelos. Acredita-se que para trabalhos futuros será interessante a análise de apenas um tipo de plástico no bloco com diferentes porcentagens em massa e sua comparação com os outros tipos de plástico e analisar qual o melhor plástico retirado de áreas costeiras e estuarinas poderá ser utilizado na confecção das amostras.

5.CONCLUSÃO

Quando do aumento de plástico no bloco até 5% em massa, houve diminuição da resistência, tanto de compressão quanto de tração. Porém dentro dos limites de resistência mínima de compressão segundo a NBR 6136/2016. A redução da resistência de flexão mostra-se importante achado uma vez que o plástico é um material muito flexível o que não gerou aumento da resistência de flexão no bloco quanto maior seu acréscimo, porém a resistência de flexão não impacta tanto na qualidade do bloco quanto a resistência de compressão.

Houve redução do peso bruto pela introdução do plástico, da ordem de 1 quilograma em relação ao bloco de concreto convencional, gerando aumento de volume da amostra. Observa-se que quanto mais plástico utilizado, mais blocos são produzidos. Quanto maior a introdução de plástico, maior é a absorção de água, o que é ruim pois poderá gerar aumento de peso nas fundações, a área líquida se mantém constante e há aumento da umidade relativa. Observa-se que com o aumento de plástico na amostra, o pH se torna mais ácido, e há maior turbidez da água da amostra, há também maior potencial de inflamabilidade, aumentando os vazios em caso de incêndio gerando redução da resistência mecânica.

O enclausuramento do plástico marinho a 5% em massa no bloco permitirá que haja redução de toneladas de plástico tóxico livre no meio ambiente. Trazendo assim benefícios ambientais, sociais e econômicos.

Além da redução do plástico tóxico nas praias e costas, a indústria da construção obterá mais opções para aplicação nas construções em alvenaria, uma vez que a NBR 6136/2016 limita a utilização desse tipo de bloco ecológico como tipo C, para vedação, a casas térreas, tendo dessa forma os benefícios do concreto como sua grande resistência à compressão aliado aos benefícios do plástico encapsulado no bloco. A sociedade é então atendida com um produto ecologicamente correto e ambientalmente sustentável, que é a grande necessidade dos consumidores que vêm se conscientizando cada vez mais sobre suas ações e as consequências dos impactos gerados sobre o meio ambiente costeiros e marinhos.

TRABALHO SUBMETIDO OU ACEITO PARA PUBLICAÇÃO

Environmental Science and Pollution Research

FEASIBILITY STUDY OF THE USE OF CONCRETE BLOCKS PRODUCED FROM PLASTIC MARINE GARBAGE FOR USE IN CIVIL CONSTRUCTION

--Manuscript Draft--

Manuscript Number:	ESPR-D-22-15084	
Full Title:	FEASIBILITY STUDY OF THE USE OF CONCRETE BLOCKS PRODUCED FROM PLASTIC MARINE GARBAGE FOR USE IN CIVIL CONSTRUCTION	
Article Type:	Research Article	
Keywords:	Plastic shielding; Sustainable materials; Environmental impact; microplastic; Eco blocks.	
Corresponding Author:	HERBERT SOARES UNISANTA: Universidade Santa Cecília Santos, São Paulo BRAZIL	
Corresponding Author Secondary Information:		
Corresponding Author's Institution:	UNISANTA: Universidade Santa Cecília	
Corresponding Author's Secondary Institution:		
First Author:	HERBERT SOARES	
First Author Secondary Information:		
Order of Authors:	HERBERT SOARES Paloma Choueri Aido Santos	
Order of Authors Secondary Information:		
Funding Information:	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (001)	Engineer HERBERT SOARES
Abstract:	<p>The search for development in an economically sustainable and ecologically correct way is an objective of modern society that has been investing in products that reduce their impacts on the environment, especially in relation to the use of plastic, which is very harmful to nature due to its toxicity and time of stay in the middle. The present study aims to analyze the feasibility of producing blocks made of concrete with different amounts of plastic taken from coastal and estuarine areas. After analysis in the laboratory, it was found that the blocks with 5% of plastic have good compressive strength, are lighter, there was an increase in the acidity of the sample, a decrease in the density of the block, a reduction in the flexural strength, a reduction in the compressive strength. The prototype with 5% of plastic by mass is efficient for the construction of single-story houses, meeting the minimum requirements of normative resistance, allowing the shielding of the plastic in the block, reducing the impact on the environment.</p>	
Suggested Reviewers:	<p>Ursula Souza, Doctor UNISANTA: Universidade Santa Cecília upsouza@unisanta.br She's an expert in the environmental</p> <p>João Miragaia UNISANTA: Universidade Santa Cecília miragaiaunisanta@yahoo.com.br He is a specialist in the Material and Environmental area</p> <p>Macos Tadeu UNISANTA: Universidade Santa Cecília</p>	

6.REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos**. Rio de Janeiro, p. 16. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181: Solo - Análise granulométrica**. Rio de Janeiro, p. 16. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, p. 256. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5733: Cimento Portland de Alta Resistência Inicial - Especificação**. Rio de Janeiro, p. 5. 1991. NBR 7181/2016 - Versão corrigida - Análise Granulométrica.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM C-140: **Standard Specification Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units**. p. 27. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12118: – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de Ensaio**. Rio de Janeiro, p. 20. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12653: - Materiais Pozolânicos – Especificação**. Rio de Janeiro, p. 6. 2015.

A morte navega no plástico. Revista Eletrônica Ambiente Legal. 2016. Disponível em: <https://www.ambientelegal.com.br/a-morte-navega-no-plastico/>. Acesso em: 3 jun. 2021.

Apenas 1,3% do lixo plástico gerado no Brasil é reciclado. Revista Eletrônica Piauí. Disponível em: <https://piaui.folha.uol.com.br/apenas-13-do-lixo-plastico-gerado-no-brasil-e-reciclado/>. Acesso em: 6 jun. 2021.

Associação Brasileira das Indústrias do Plástico - Abiplast, **Conceitos básicos sobre materiais plásticos**. 2021. Disponível em: http://file.abiplast.org.br/download/links/links%202014/materiais_plasticos_para_sit_e_vf_2.pdf. Acesso em: 17 jun. 2021.

Brasil é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico. World Wildlife Fund (WWF). 2019. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>. Acesso em: 8 jun. 2021.

BORGES, F. H. **O Meio Ambiente e a Organização: Um estudo de caso baseado no posicionamento de uma empresa frente a uma nova perspectiva ambiental**. 2007. Tese (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2007. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18140/tde-07042008-100649/publico/FernandoHaqiharaBorges.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2021.

BARBIERI, E. *Occurrence of Plastic Particles in procellariiformes, South of São Paulo State (Brazil)*. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, São Paulo, v. 52, p. 341-348. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/babt/a/wHtcRxvfZkfdRdtGzvPtGzk/?lang=en>. Acesso em: 2 jun. 2021.

BATISTA, J. R. **Utilização de resíduos de construção civil e de demolição para confecção de pisos de concreto**. 2013. Tese (Mestrado em Ecologia) - Universidade Santa Cecília (UNISANTA). Disponível em: file:///C:/Users/herbe/OneDrive/%C3%81rea%20de%20Trabalho/Mestrado%20Ecologia/Refer%C3%Aancias/Dissertacao_Ramos.pdf. Acesso em: 9 jun. 2021.

COUCEIRO, D. C. da S. **Definição de uma metodologia para extração e quantificação de microplásticos em areia da praia**. Coimbra, 45-47 p.2019. Tese (Mestrado) – Instituto Politécnico de Coimbra Escola Superior Agrária de Coimbra. Disponível em: https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/34896/1/21427007_Denise%20Carla%20. Acesso em: 20 dez. 2022.

COUTO, C. V. O. **Utensílios de mesa descartáveis: contribuições, danos, novas possibilidades e suas barreiras culturais no Rio de Janeiro**. 2020. Tese (Mestrado em Design) – PUC (Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro), Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/49631/49631.PDF>. Acesso em: 20 nov. 2022.

Fu, L., Li, J., Wang, G., Luan, Y., & Dai, W. (2021). **Adsorption behavior of organic pollutants on microplastics**. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112207>. Acesso em: 18 Jan. 2023.

GESAMP. **Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection - Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment** (Kershaw, P. J., ed.). (IMO/FAO/UNESCO IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP). Rep. Stud. GESAMP No. 90, p. 96. 2015. Disponível em: <http://www.gesamp.org/site/assets/files/1275/sources-fate-and-effects-of-microplastics-in-the-marine-environment-part-2-of-a-global-assessment-en.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2021.

HAGEMANN, S. E. **Apostila de Materiais de Construção Básicos**. Instituto Federal Sul Rio Grandense. (2011). Disponível em: http://tics.ifsul.edu.br/matriz/conteudo/disciplinas/pdf/apostila_mcb.pdf. Acesso em: 08 de junho de 2021.

HAGEMANN, S. E. **Materiais de Construção básicos**. Instituto Federal Sul Rio Grandense, p. 143. 2011. Disponível em: http://tics.ifsul.edu.br/matriz/conteudo/disciplinas/pdf/apostila_mcb.pdf. Acesso em: 24 nov. 2021.

INTERNATIONAL STANDARD. ISO 7500-1: Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines. Switzerland. Part 1. p. 25, 2018.

KOUNDOURI, P.; PAPADAKI, L.; GUITTARD, A.; DEMIAN, E.; AKINSETE, E. **Tackling Single Use Plastic Products in the Easter Mediterranean Sea: The BL.EU. Climate and MEDfreeSUP Projects. The Oceano of Tomorrow** p. 135-151. 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-030-56847-4_9. Acesso em 15 jul. 2021.

MATTAR, D. C; VIANA, E. **Utilização de resíduos poliméricos da indústria de reciclagem de plástico.** Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. São Paulo, v.8, nº 8, p. 12, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/6471/pdf>. Acesso em: 9 set. 2021.

MATIAS, T. P; CORREA, T. P; SOUZA, A. M. C; LEONEL, J. **Plásticos em ecossistemas costeiros brasileiros: ocorrência e impactos na fauna marinha.** Research, Society and Development, v.11, p. 10. 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i11.33329>. Acesso em: 20 Nov. 2022.

NOBRE, C. R. **Avaliação da toxicidade de microplásticos em matrizes ambientais utilizando invertebrados marinhos.** 2016. Tese (Mestrado em Ecologia) - Universidade Santa Cecília - Unisanta, Santos, 2016. Disponível em: https://unisanta.br/arquivos/mestrado/ecologia/dissertacoes/Dissertacao_Caio_Nobre.pdf. Acesso em: 5 set. 2021.

O que é concreto?. Portal do Concreto. 2021. Disponível em: <https://www.portaldoconcreto.com.br/o-que-e-concreto>. Acesso em: 24 jul. 2021.

PORTER, M. E. **Verde e Competitivo.** 1ª Ed. Rio de Janeiro: Campus. Cap. 10, p. 371-397. 1999.

Plástico retirado dos oceanos: A matéria prima que virou moda. Revista Eletrônica COLABORA 2019. Disponível em: <https://projecolabora.com.br/ods6/plastico-retirado-dos-oceanos-a-materia-prima-que-virou-tendencia-na-moda-2/>. Acesso em: 3 jun. 2021.

RILLIG, M. C; KIM, S. W.; KIM, T. Y; WALDMAN, W. R. (2021). **The Global Plastic Toxicity Debt. Environ. Sci. Technol.** 2021, 55, 2717-2719. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c07781>. Acesso em: 20 Out. 2021.

STIFTUNG, H. B. **Atlas do Plástico: Fatos e números sobre o mundo dos polímeros sintéticos.** 1ª Edição. Rio de Janeiro: Fundação Heinrich Boll. 2020. Disponível em: <https://br.boell.org/atlasdoplastico>. Acesso em: 30 mai. 2021.

SINAPI. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil.** Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 03 jan. 2022.

SINDIPLAST. **Sindicato da Indústria de Material Plástico, Transformação e Reciclagem de Material Plástico do Estado de São Paulo.**

Disponível em: <http://www.sindiplast.org.br/os-plasticos/>. Acesso em: 3 de jun. 2021.

SILVA, E. A.; CUNHA LINS, V. de F.; COTTING, F. **Processo de moagem de garrafas pet pós-consumo**. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, Viçosa/MG, BR, v. 5, n. 1, p. 0033–0036, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/jcec/article/view/2562>. Acesso em: 18 jan. 2022.

SILVA, M. R. de G. **Poluição dos oceanos por plástico: Histórico, cienciometria e principais lacunas no conhecimento**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, 2019.

SILVA, C. M. S. **Preserve o meio ambiente com atividades lúdicas: desenvolvimento da consciência ambiental na educação infantil**. 2019. Dissertação (Mestrado profissional em gestão social, educação e desenvolvimento regional) – Faculdade Vale do Cricaré, São Mateus, Espírito Santo. 2019.

Startup queniana transforma plástico em tijolos mais fortes do que concreto. Casa Vogue. 2021. Disponível em: <https://casavogue.globo.com/um-so-planeta/noticia/2021/02/startup-queniana-transforma-plastico-em-tijolos-mais-fortes-do-que-concreto.html>. Acesso em: 9 jun. 2021.

Santos despeja 60 toneladas de resíduos sólidos no mar por dia, 85% disso é plástico. Portos e Mercados. 2019. Disponível em: <https://www.portosmercados.com.br/santos-despeja-60-toneladas-de-residuos-solidos-no-mar-por-dia-85-disso-e-plastico/>. Acesso em: 29 jun. 2021.

SANTOS, S. P.; MUZARDO, C. D.; PINHEIRO, L. M. **Estruturas de concreto**. Universidade de Campinas (UNICAMP), 2004. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~almeida/ec702/EESC/Concreto.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2021.

STEVANATO, D. J. **Efeitos de hidrocarbonetos derivados de petróleo em *Astyanax Lacustris***. 2020. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2020.

TUSHARI, G. G. N.; SENEVIRATHNA, J. D. M. **Plastic pollution in the marine environment**. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04709>. Acesso em: 25 jan. 2023.

VIEIRA, G. L. **Estudo do Processo de Corrosão Sob a Ação de Íons Cloreto em Concretos Obtidos a Partir de Agregados Reciclados de Resíduos de Construção e Demolição**. 2003. Tese (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/4062>. Acesso em: 29 Jun. 2021.

WANG, F; WANG, P; LIU, D; ZHAI, W; GHAO, J. **The influence of polyethylene microplastics on pesticide residue and degradation in the aquatic environment**. 2020. *Journal of Hazardous Materials*. v. 394. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122517>. Acesso em 14 jan. 2023.

ZIMMERMANN, L.; BARTOSOVA, Z.; BRAUN, K.; OEHLMANN, J.; VOLKER, C.; WAGNER, M. ***Plastic Products Leach Chemicals that induce In Vitro toxicity under Realistic use Conditions*** - *Environmental Science & Technology*. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c01103>. Acesso em: 15 jun. 2021.