

Jacobson Massingue

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DO USO DE PLÁSTICO RECICLADO
(TERMOPLÁSTICO) EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO NA
PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONSTRUÇÃO.**

Licenciatura em Engenharia de Construção Civil com Habilitação em Construção e
Manutenção de Edifícios.

Universidade Pedagógica de Maputo

Maputo

2023

Jacobson Massingue

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DO USO DE PLÁSTICO RECICLADO
(TERMOPLÁSTICO) EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO NA
PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONSTRUÇÃO.**

Licenciatura em Engenharia de Construção Civil com Habilitação em Construção e
Manutenção de Edifícios.

Monografia Científica apresentada na
Faculdade de Engenharia e Tecnologia
(FET) da Universidade Pedagógica,
Delegação de Maputo, para obtenção de
grau académico de Licenciatura em
Engenharia de Construção Civil.

Universidade Pedagógica de Maputo

Maputo

2023

ÍNDICE

ÍNDICE.....	iii
DECLARAÇÃO.....	i
DEDICATÓRIA.....	ii
AGRADECIMENTOS.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
EPIGRAFE.....	vi
ABREVIATURAS.....	vii
SÍMBOLOS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xii
CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Problematização.....	3
1.3. Problema.....	3
1.4. Justificativa.....	3
1.5. Hipóteses.....	4
1.6. Objectivo da pesquisa.....	5
1.6.1. Objectivo geral.....	5
1.6.2. Objectivos específicos.....	5
CAPÍTULO II: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	6
2.1. Marco Conceitual.....	6
2.1.1 Conceitos Gerais.....	6
2.2. Tipologia Plástica.....	7
2.2.1. Produção de garrafas PET.....	8
2.3. Importância da Reciclagem.....	10
2.4. Propriedades do plástico Polietileno Teraftalado.....	11
2.4.1. Amorfos e Semicristalinos.....	11
2.5. Blocos convencionais.....	12
2.5.1. Tipos de Blocos e sua aplicação.....	13
2.6. Descrição das campanhas.....	14

2.6.1 Origem e Preparação dos resíduos plásticos PET	18
2.6.2. Ensaios e resultados obtidos	18
CAPÍTULO III: METODOLOGIA	24
3.1. Desenho da Pesquisa.....	24
a) Quanto aos Objectivos	24
b) Quanto a Natureza	24
c) Quanto aos Procedimentos Técnicos	25
3.2. População e Amostra	26
3.3. Tipo de Amostragem	27
CAPÍTULO IV: APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	28
4.1. Plástico reciclado	28
4.1.1. Origem.....	28
4.1.2 Característica do plástico	29
4.2. Classificação dos materiais segundo a origem:	30
4.2.1. Segundo a dimensão das partículas:.....	30
4.3 Composição Granulometria	31
Procedimento de ensaio.....	32
4.4 Peso Específico e Absorção de água em Agregados	33
4.5. Processo de produção do bloco utilizando plástico reciclado.....	36
4.5.1 Dosagem e produção dos blocos	37
4.6 Ensaios dos blocos de plástico reciclado e de referência.....	40
4.6.1 Dimensão.....	40
4.6.2 Absorção de água	40
4.6.3 Inspeção Visual	41
4.6.4 Resistência á compressão.	42
4.7. Resultados dos ensaios.....	43
4.7. 1 Análise granulometria	43
4.7.2. Gravidade Específica e Absorção de água em Agregados.....	45
4.7.3 Dimensão.....	45
4.7.4 Absorção de água dos blocos de plástico e de Referência	46
4.7.5 Inspeção visual	46
4.7.6 Resistência à compressão.	47
4.8 Aplicabilidade dos Blocos de plástico reciclado.	48

CAPÍTULO V – CONCLUSÕES E RECMENDAÇÕES	49
5.1. Conclusões	49
5.2. Recomendações Para Trabalhos Futuros	51
5.3. Referências bibliográficas.....	52
5.4. Webgrafia.....	53

DECLARAÇÃO

Eu *Jacobson Massingue* estudante da Universidade Pedagógica de Maputo declaro que esta Monografia é resultado da minha investigação pessoal e das orientações do meu supervisor, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final.

Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para obtenção de qualquer grau académico.

Maputo, Maio de 2023

(Jacobson Massingue)

Análise da viabilidade técnica do uso de plástico reciclado em substituição parcial do cimento na produção de blocos de construção.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus leão da tribo de Judá *TAU*, criador do nosso Universo. Senti sua presença durante a elaboração deste trabalho de pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Pai, *Orlando Massingue Fabião* que tanto sacrificou-se em prol do meu crescimento acadêmico e profissional, na companhia da sua mais preciosa esposa a Sra. minha mãe, *Amelia Nguetana Massingue* que juntos acreditaram no meu potencial para finalizar essa batalha.

A supervisora *Eng^a Teodósia de Jesus Checane* pela oportunidade de trabalhar ao seu lado e por todo momento e com bastante precisão ter acolhido e esclarecido as minhas inquietações durante o processo de pesquisa.

Aos meus colegas de curso, pela amizade e companheirismo demonstrado ao longo desta etapa da minha vida e pela ajuda prestada em diversos estágios da pesquisa.

Por fim agradecer a *Faculdade de Engenharia e Tecnologia (FET)* pelas condições disponibilizadas a cada estudante, e sobretudo aos professores que através da sua experiência na transmissão de conhecimentos, contribuíram para a minha formação.

RESUMO

A construção civil durante o seu estágio tem se demonstrado uma das áreas que mais consome os recursos naturais, por conta disso, deverá ser a área que se preocupa em trazer novas tecnologias inovadoras em suas técnicas de construção e de protecção do meio ambiente. É nesse aspecto que a presente monografia se concentra, na utilização de plástico reciclado em substituição parcial do cimento na produção de blocos de construção.

Foram estudados teores de plástico reciclado na produção de blocos de construção incorporando o cimento e comparando os resultados através de bloco convencional que foi considerado bloco de referência. Os teores/ traços em massa produzidos obedeceram as seguintes percentagem de plástico reciclado: 15% - 30%, 10% - 50%, 0% - 35%, 0% - 50% e 0% - 65% de cimento e plástico respectivamente, que foram misturados com agregados de pó de pedra e areia grossa. Foram determinadas as gravidades específicas e granulometria dos agregados, características geométricas dos blocos, absorção de água dos materiais e das amostras de bloco de plástico reciclado, inspecção visual e a resistência à compressão. Com os resultados obtidos através de ensaios laboratoriais foi possível concluir que os blocos que apresentam melhores resultados técnicos foram os com 0% - 35% e 0% - 65% de reciclado, pelo facto de terem apresentado uma resistência à compressão axial extremamente superior ao do bloco de referência, destacando ainda o teor de 0% - 65% de plástico reciclado que apresentou uma absorção de água quase nula, resultante de maior quantidade de plástico na mistura, boa compactação e uma homogeneidade entre o compósito obtido.

Palavras-chave: Plástico Reciclado, Cimento, Blocos.

ABSTRACT

Civil construction during its internship has proved to be one of the areas that most consume natural resources, as it should be the area that is concerned with bringing new innovative technologies in its construction techniques and protection of the environment. It is in this aspect that the present monograph focuses, on the use of recycled plastic in partial replacement of cement in the production of building blocks.

Recycled plastic contents were studied in the production of building blocks incorporating cement and comparing the results with a conventional block that was considered a reference block. The contents/traces produced obeyed the following percentages of recycled plastic 15% - 30%, 10% - 50%, 0% - 35%, 0% - 50% and 0% - 65% of cement and plastic respectively that were mixed with aggregates of stone dust and coarse sand in bulk. The specific gravities and granulometry of the aggregates, geometric characteristics of the blocks, water absorption of the materials and samples of recycled plastic blocks, visual inspection and compressive strength were determined. With the results obtained through laboratory tests, it was possible to conclude that the blocks that presented the best technical results were those with 0% - 35% and 0% - 65% of recycled content, due to the fact that they presented a resistance to axial compression extremely superior to that of the reference block, also highlighting the content of 0% - 65% of recycled plastic, which showed almost zero water absorption, resulting from a greater amount of plastic in the mixture, good compaction and homogeneity between the composite obtained.

Keywords: Recycled Plastic, Cement, Blocks.

EPIGRAFE

“Uma nova verdade científica não triunfa com a convicção dos seus opositores ou através do esforço em fazê-los ver a luz; triunfa, geralmente, porque esses opositores finalmente morrem e cresce uma nova geração mais familiarizada com ela.”

Max Karl Ernst Ludwig Planck

ABREVIATURAS

CV	Coeficiente de variação
Dr.	Doutor
ENG	Engenheiro
EN	Norma Europeia
NP	Norma Portuguesa
EPI	Equipamento de Protecção Individual
PC	Policarboneto
PET	Polietileno Teraftalado
Prof.	Professor
Ref.	Referencia

SÍMBOLOS

A/C	Relação água cimento
Ac	Área da secção transversal
^bA/C_m	Relação agregado por cimento em massa
C	Comprimento
D_{max}	Dimensão máxima do agregado
e	Espessura
F	Carga máxima de retura
f_k	Resistência característica de rotura
g	Gramas
H	Altura
Kg/m³	Quilograma por metros cúbicos
Kgf/cm³	Quilograma força por centímetros cúbicos
Kcal/kg	Quilocaloria por quilograma
L	Largura
l	Litro
Mpa	Mega pascal
m_w	Massa saturada
m_d	Massa seca
M_i	Mistura
N/mm²	Newton por milímetros quadrados
T_i	Traço/ Teor

W_m	Absorção de água
°C	Graus centígrados
ΔL	Varição da largura
ΔC	Varição do comprimento
ΔH	Varição da altura
Δe	Varição da espessura
Δ%	Varição percentual

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tamanhos de preforma. (Fonte: engenharia360.com)	9
Figura 2 - Termos para as dimensões do bloco convencional. Fonte: (http://construnormas.pini.com.br).	13
Figura 3- PET Triturado. (Fonte: Canellas, 2005, p. 53).	14
Figura 4 - PET triturado (A) e de PC (B). Fonte: (Hannawi, Kamali-Bernard e Prince, 2010, p. 2313).	15
Figura 5 - PET triturado em processo de mistura com demais agregados. Fonte: (Barreto, J.M.L.; Costa, H.N.; Cândido, L.F (2019)).	16
Figura 6 - Ilustração gráfica da resistência à compressão em função do traço em volume. Fonte: (Canellas 2005, p.66).	19
Figura 7 - Resistência a compressão axial em argamassas. Fonte: (Akçaözöglu, Atiş e Akçaözöglu (2010, p.288)).	19
Figura 8 - Resistência à compressão axial das amostras de argamassa. Fonte: (Monteiro (2017)).	20
Figura 9 - Resultados obtidos para absorção de água por imersão, aos 28 dias. Fonte: (Albano et al. 2009, p.2714).	21
Figura 10 - Resistência à compressão versus absorção dos blocos. Fonte: (Barreto, J.M.L.; Costa, H.N.; Cândido, L.F. 2019).	23
Figura 11 - Resíduos de plásticos colhidos a nível domiciliar. Fonte: Autor, 2022	28
Figura 12 - Resíduos de plásticos colhidos na praia do Costa do Sol. Fonte: Autor, 2022	28
Figura 13 - Resíduos de plásticos recolhidos em ruas e através da compra da cidade de Maputo	28
Figura 14 - Apresentação da geométrica do resíduo de Plástico PET iguais ao estado inicial. Fonte: Autor, 2022	29
Figura 15 - Apresentação da geométrica do resíduo Plástico PET em formato irregular. Fonte: Autor, 2022	29
Figura 16 - Apresentação de resíduo de termoplásticos. Fonte: autor, 2022.	30
Figura 17 - Apresentação do agregado miúdo areia grossa. Fonte: Autor, 2022)	31
Figura 18 - Apresentação do agregado miúdo pó de pedra. Fonte: Autor, 2022).....	31
Figura 19 - Pesagem dos materiais retidos. Fonte: Autor, 2022	33
Figura 20 - Agitação manual dos agregados através da série de peneiros. Fonte: Autor, 2022.	33
Figura 21 - Picnómetro/recipiente contendo água. Fonte: autor, 2022.....	34
Figura 22 - Adição da água no Picnómetro contendo o agregado. Fonte: autor, 2022.....	34
Figura 23 - Adição de plástico no forno. Fonte: autor, 2022.....	38
Figura 24 - Adição de plástico no forno. Fonte: autor, 2022.....	38
Figura 25 - Apresentação da característica do PET aos 600 ⁰ C. Fonte: autor, 2022	38
Figura 26 - Dosagem e pesagem do material. Fonte: autor, 2022.	38
Figura 28 - Aplicação do óleo queimado no moldes. Fonte: autor, 2022.....	39
Figura 27 - Processo de mistura dos materiais. Fonte: autor, 2022.	39
Figura 30 - Apresentação do bloco produzido com plástico reciclado. Fonte: autor, 2022.	40
Figura 29 - Compactação manual por gravidade. Fonte: autor, 2022.....	40
Figura 31 - Apresentação das amostras imersas em água. Fonte: autor, 2022.	41
Figura 32 - Apresentação do ensaio da resistência a compressão na prensa Tinius/ Olsen Merrimack College de 1954. Fonte: autor, 2022.	42
Figura 33 - Resultado da curva granulométrica de pó de pedra (Azul) e da areia grossa (Vermelho). Fonte: autor, 2022.	44

Figura 34 - Resultado do uso de pó de pedra com uma dimensão maior que 12.5 mm. Fonte: autor, 2022.	44
Figura 35 - Resultado do bloco em estado razoável. Fonte: autor, 2022.	47
Figura 36 - Resultado do bloco em Mau estado apresentando porosidade. Fonte: autor, 2022.	47
Figura 37 - Resultado do bloco em Mau estado apresentado rachas. Fonte: autor, 2022.	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de plásticos. Fonte: (https://www.recicloteca.org.br/material-reciclavavel/plastico/).....	8
Tabela 2 - Tensão característica de rotura f_k de blocos cerâmicos e de cimento, para alvenaria. Fonte: (Tabelas Técnicas 1993).	12
Tabela 3 - Traço em peso das argamassas estudadas - 1:4. Fonte: (Canellas, 2005, p. 54).....	14
Tabela 4 - Designação e composição das misturas. Fonte: (Hannawi, Kamali-Bernard e Prince, 2010, p.2314, adaptado).....	15
Tabela 5 - Composição em percentagem de peso das amostras ensaiadas. Fonte: (Akçaözöğlü, Atiş e Akçaözöğlü, 2010, p.287).	16
Tabela 6 - Consumo de materiais para um bloco. Fonte: (Barreto, J.M.L.; Costa, H.N.; Cândido, L.F (2019).....	17
Tabela 7 - Traço em massa para execução de argamassas. Fonte: (Monteiro (2017).	17
Tabela 8 - Resistência à compressão dos blocos. Fonte: (Barreto, J.M.L.; Costa, H.N.; Cândido, L.F 2019).	20
Tabela 9 - Resultados dos ensaios de absorção de água por capilaridade de cada traço. Fonte:	22
Tabela 10 - Abertura das malhas (série normal e intermediária) NP EN 933-1 (2000).	32
Tabela 11 - Apresentação do peso específica e absorção em Agregados pó de pedra AASHTO T 84-88.....	35
Tabela 12 - Apresentação da gravidade específica e absorção em Agregados de areia grossa AASHTO T 84-88.....	36
Tabela 13 - Consumo de materiais para um bloco. Fonte: autor, 2022	39
Tabela 14 - Resultado da distribuição granulométrica de pó de pedra e da areia grossa. Fonte: autor, 2022.	43
Tabela 15 - Resultados das características geométricas dos blocos. Fonte: autor, 2022.	45
Tabela 16 - Resultados da absorção de água dos blocos. Fonte: autor, 2022.	46
Tabela 17 - Resultados da resistência à compressão dos blocos. Fonte: autor, 2022.	48

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

No mundo em geral e em particular em África, os primeiros locais que serviram de habitação, celeiros para o armazenamento dos seus produtos de diversos tipos, primeiros edifícios, eram construídos de material como capim, barro com auxílio de estacas e material imediato recolhido na natureza.

Havendo novas necessidades de protecção e com o desenvolvimento do conhecimento, o Homem, buscou melhorar a sua condição para responder aquilo que eram as ameaças da própria natureza e olhando para aquilo que eram as ascensões. Nesse processo, o Homem viu-se obrigado a inovar no processo de construção de edifícios, usando inicialmente o barro como base e a posterior o descobrimento do cimento acelerou o processo na área de construção civil.

No mundo moderno, as construções são baseadas em blocos de Betão ou tijolos na edificação de paredes internas ou externas. Dependendo da necessidade do proprietário, o tamanho do bloco a ser usado é tomado em consideração no processo de edificação de obras, mas ainda, a tendência moderna não se centra apenas na construção por si, e sim, na sustentabilidade ambiental, economia de material, a acústica produzida, a componente térmica do material, entre outros.

Tendo em cota o pressuposto apresentado no parágrafo anterior, a proposta de pesquisa aqui apresentada visa demonstrar que, com base no uso de plástico reciclado, é possível substituir o cimento convencional na fabricação do bloco convencional e obter por um lado resultados satisfatórios na conservação do meio ambiente, considerando que o material plástico é um dos quais leva muito tempo para sua deterioração, o que por isso, poderá influenciar positivamente na vida útil dos edifícios construídos com base em blocos associado ao plástico. Por outro lado, o facto de o processo depender de material reciclado há uma possibilidade de se economizar naquilo que seria a utilização de cimento, trazendo também uma resistência associada à edificação em causa.

As construções mais modernas, tendem cada vez mais a pensar nas melhores formas de utilização de material alternativo, e mesmo assim apresentar um resultado satisfatório para o utilizador, assim como para a natureza. Com base nisso, a utilização de material reciclado é

sempre uma valia, e contributo para a eliminação de resíduos sólidos nas cidades e no mundo como um todo.

O presente trabalho de investigação está constituído por seis capítulos, a saber:

- **CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO:** Aborda o tema e suas delimitações, o problema de investigação e respectiva hipótese, os objectivos do trabalho, as justificações para a escolha do assunto, as características do ambiente de estudo e a organização do trabalho.
- **CAPÍTULO II – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA:** a) marco conceptual (definição de conceitos básicos); b) desenvolvimento circunstancial, descritivo e detalhado do fenómeno em estudo; c) marco teórico ou fundamentação teórica (conjunto de teorias que servem de fundamentação e suporte explicativo à pesquisa), as abordagens para além da sua descrição, devem evidenciar a análise crítica e o posicionamento do autor e; d) marco referencial (apresentação sucinta dos resultados das pesquisas de outros autores em estudos internacionais, regionais e nacionais).
- **CAPÍTULO III – METODOLOGIA:** é a parte do texto que apresenta o conjunto de métodos, técnicas, procedimentos e instrumentos do trabalho empírico da pesquisa, nela, constam, entre outros os seguintes elementos: a) tipo de estudo e desenho da pesquisa; b) população e amostra; c) técnicas e instrumentos de recolha de dados; d) procedimentos administrativos, de selecção da amostra incluindo o tipo de amostragem e os critérios de inclusão e de exclusão, e de recolha de dados.
- **CAPÍTULO IV – APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS:** apresentação, leitura e interpretação dos dados recolhidos e explicação dos resultados observados e suas implicações, à luz dos modelos teóricos e estudos de outros autores apresentados na fundamentação teórica.
- **CAPÍTULO V – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES:** principais resultados do trabalho. Inicia - se com a formulação do problema abordado no trabalho, depois as conclusões dos capítulos e finaliza - se com sugestões ou recomendações do trabalho futuro.

1.2. Problematização

Recentemente, com o surgimento da marca Dugongo, muitas famílias viram-se na possibilidade de poder ter as suas casas erguidas e concluídas. De facto, o surgimento da marca impulsionou e acelerou muitas construções até que com a intervenção de outros produtores do cimento, os preços subiram, tirando a esperança antes observada.

Com o aumento contínuo do preço do cimento, faz com que o preço do bloco também fique encarecido. Não olhando apenas a economia no processo de construção, o foco desta proposta está nos benefícios que a adesão ao plástico pode trazer tendo em conta a construção em zonas salubres, em que é possível observar edifícios com buracos nos blocos como resultado da salubridade em particular nas zonas próximas a praia.

1.3. Problema

O processo de incorporação do plástico na fabricação do bloco para construção de edifícios, visa igualmente responder os problemas causados pela salubridade de algumas zonas de expansão. No entanto, importa igualmente que este bloco produzido utilizando plásticos reciclados deve igualmente garantir uma estrutura capaz de não interferir negativamente na estrutura do edifício, e é por isso que surge a seguinte pergunta do problema:

- ❖ Até que ponto o plástico reciclado pode ser usado em substituição parcial do cimento na produção de blocos construção?

1.4. Justificativa

Olhando para aquilo que é a realidade das zonas costeiras de Moçambique, indo igualmente em zonas de expansão, podemos encontrar com muita frequência zonas de salubridade elevada e que pelas condições precárias da população, não conseguem fazer o reboque a tempo necessário, e por conta disso, os blocos tem se corroído com muita facilidade devido ao ambiente agressivo. A pesquisa aqui apresentada, não tem apenas valor no campo académico, como também poderá ser implementado no futuro, a fabricação de blocos com base em plástico reciclado, e desta forma, reduzir a desagregação que se tem verificado em construções desenvolvidas em zonas salubres.

O tema tem igual importância academicamente na medida que vai constituir uma base de literatura com conceitos novos e a apresentação de procedimentos inovadores, o que se pretende com isso, impulsionar outros estudantes, principalmente os de áreas práticas a

desafiarem experimentos capazes de trazer um impacto na sociedade, e como também criar alternativas de sustentabilidade e quiçá, de negócio.

A importância a nível pessoal, está centrada no processo da experiência que envolve o experimento como um todo, no qual haverá exposição de procedimentos e de testes, sob os quais irão contribuir para o aprimorar dos conhecimentos colhidos no processo de formação, desde a teoria à prática.

1.5. Hipóteses

A formulação da hipótese surge como uma forma de compreender uma resposta sobre um facto a ser pesquisado, com o objectivo de verificar a veracidade dos factos. No processo de verificação desta provável resposta, Gil (1999) afirma que as hipóteses podem ser verdadeiras quanto falsas, importa conduzir a pesquisa à verificação empírica para que assim, seja comprovada pela verificação da sua validação, podendo ser pelas observações sistemáticas dos acontecimentos, das teorias existentes, pelos resultados de pesquisas já realizadas, ou até de simples intuição.

Neste sentido, para a proposta aqui apresentada, foram definidas as seguintes hipóteses:

H₀: *O plástico reciclado pode ou não pode ser usado em substituição parcial do cimento na produção de blocos de construção.*

H₁: *O plástico reciclado pode ser usado em substituição parcial do cimento na produção de blocos de construção.*

H₂: *O plástico reciclado não pode ser usado em substituição parcial do cimento na produção de blocos de construção.*

1.6. Objectivo da pesquisa

1.6.1. Objectivo geral

- ❖ Analisar a viabilidade técnica do uso do plástico reciclado em substituição parcial do cimento na produção de blocos de construção.

1.6.2. Objectivos específicos

- a) Uniformizar a pasta do plástico no processo de incineração;
- b) Determinar o traço da composição do bloco para elaboração das experiências;
- c) Moldar os corpos de prova do bloco contendo cimento e plástico reciclado em percentagens de 15% - 30%, 10% - 50%, 0% - 35%, 0% - 50 % e 0% - 65% respectivamente;
- d) Comparar os valores das tensões características de rotura f_k e absorção de água do bloco de plástico reciclado em substituição parcial e total do cimento, e comparar com o da produção com base em cimento.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Marco Conceitual

2.1.1 Conceitos Gerais

Atendendo que o princípio da reciclagem é o reaproveitamento do material e ou produtos de potencial utilidade. Sendo que o processo Oliveira e Costa (2010) consideram que reciclar é o mesmo que reutilizar, significando fazer com que um bem, objecto ou material tenha um tempo de vida estendido o máximo que se puder retardando a inutilidade. Para os autores, reciclar significa reinserir o produto, material ou bem, no processo produtivo, sendo que este processo é um novo e muitas vezes não sendo pelo qual o produto foi criado inicialmente.

O processo de reutilização de matérias, tem sido levado muito a sério particularmente em países desenvolvidos buscando um desenvolvimento sustentável. É, portanto, definido desenvolvimento sustentável como sendo um “processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direcção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmoniza e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades e aspirações humanas” (Camargo, 2003 apud Estender, Pitta, 2007, p. 3).

No entanto, a definição para o plástico como material é abordado por (Andrade et al., 2001) em primeiro como palavra que deriva do grego *plastikos*, próprio para ser moldado ou modelado, a definição é estendida em termos gerais como um conjunto de materiais macromoleculares que podem ser moldados por ação do calor e/ou pressão de encontro com a necessidade do utilizador.

Para Mano e Mendes (1999) uma das características do plástico é de possuir unidades químicas ligadas covalentemente, repetidas regularmente ao longo da cadeia, denominadas meros, estes números de meros da cadeia polimérica é denominado grau de polimerização, sendo geralmente simbolizado por n ou então por DP (*degree of polymerization*).

O processo a ser usado para a aderência ou mistura entre o plástico e o outro material na composição do bloco, será de incineração, onde Cepis (2004) considera que primeiramente deve-se levar em conta que o valor energético dos plásticos é equivalente ao de um óleo combustível (37,7 MJ/kg) e que, por esta razão, podem-se constituir em valiosa fonte energética, assim, incineração é o termo usado para designar a combustão do lixo municipal.

Um incinerador apropriadamente projectado e operado permite que a redução de volume de material a ser aterrado seja substancial.

2.2. Tipologia Plástica

Ao que diz respeito a classificação ou tipologia de plástico, Lucas at. Al (2001) denomina tendo em conta os seguintes aspectos quanto às características de flexibilidade, segundo a qual esses materiais podem ser divididos em **termoplásticos** e **termorrígidos**. São denominados:

- **Termoplásticos** - aqueles capazes de serem moldados várias vezes devido à sua característica de tornarem-se fluidos, sob acção da temperatura, e depois retornarem às características anteriores quando há um decréscimo de temperatura.
- **Termorrígidos** - são aqueles sob os quais são maleáveis apenas no momento da fabricação do objecto, depois de pronto, não há como remodelá-los, já que as cadeias macromoleculares estão unidas entre si por ligações químicas (reticulação).

Tipos	Aplicações
TERMOPLÁSTICOS	
	PET – (polietileno tereftalado) Frascos de refrigerantes, produtos farmacêuticos, produtos de limpeza, mantas de impermeabilização e fibras têxteis, etc;
	PEAD – (polietileno de alta densidade) Embalagens para cosméticos, frascos de produtos químicos e de limpeza, tubos para líquidos e gás, tanques de combustível para veículos automotivos, etc;
	V ou PVC – (policloreto de vinila) Frascos de água mineral, tubos e conexões de encanamento, calçados, encapamentos de cabos eléctricos, equipamentos médico-cirúrgicos, esquadrias e revestimentos, etc.



	<p>PEBD – (polietileno de baixa densidade) Embalagens de alimentos, sacos industriais, sacos para lixo, lonas agrícolas, filmes flexíveis para embalagens e rótulos de brinquedos, etc;</p>
	<p>PP – (polipropileno) Embalagens de massas e biscoitos, potes de margarina, seringas descartáveis, equipamentos médico-cirúrgicos, fibras e fios têxteis, utilidades domésticas, autopeças (para-choques de carro);</p>
	<p>PS – (poliestireno) Copos descartáveis, placas isolantes, aparelhos de som e tv, embalagens de alimentos, revestimento de geladeiras, material escolar;</p>
	<p>OUTROS – Plásticos especiais e de engenharia, CDs, electrodomésticos, corpos de computadores;</p>
TERMORRÍGIDOS	
<p>PU – Poliuretanos, EVA – Poliacetato de Etileno Vinil etc.</p>	<p>Sola de sapato, interruptores, peças industriais eléctricas, peças para banheiro, pratos, travessas, cinzeiros, telefones e etc.</p>

Tabela 1 - Tipos de plásticos. Fonte: (<https://www.recicloteca.org.br/material-reciclavel/plastico/>)

Tratando-se de reciclagem de resíduos sólidos plásticos, é importante salientar que cada tipo de plástico é aplicado para situações diversas consoante a sua classe, e no caso, por conta da resistência existente e capacidade de se tornarem fluidos os termoplásticos torna-se assim pertinente fazer a utilização deste na medida do resultado que se pretende alcançar, o que em outro lado estará a contribuir para a sustentabilidade do planeta, reduzindo aquilo que são os resíduos sólidos existentes na rua e em outros locais.

2.2.1. Produção de garrafas PET

Em 1941, dois químicos britânicos, Whinfield e Dickson, desenvolveram um polímero termoplástico formado pela reacção final entre o ácido tereftálico e o etileno glicol, para que da seguinte forma esse produto possuísse propriedades termoplásticas, e que deste modo ele pudesse ser processado em inúmeras vezes pelo mesmo ou por outro processo de

transformação. Por tanto eles quando aquecidos à temperatura adequada, esses plásticos fundem o que possibilita ser novamente moldados em formatos distintos. Esta produção ocorreu na década de 70, depois de minuciosas revisões dos aspectos de segurança e meio ambiente. <https://engenharia360.com/como-sao-feitas-as-garrafas-pet/>

- ❖ Processo de derretimento: a resina de PET é derretida para criar um formato idêntico a de um tubo de ensaio laboratorial que foi elaborado para assumir diversos formatos ou espessura. A rosca e boca do gargalo são previamente preparada em sua forma final e recebe uma tampa que se adequa ao seu diâmetro no final do processo de produção. Então chama-se PET nesse primeiro formato de **preforma**.



Figura 1 - Tamanhos de preforma. (Fonte: engenharia360.com)

- ❖ Injeção do molde: a preforma é aquecida em um forno a uma temperatura igual ou superior a 100°C, o que amolece esta preforma afim de garantir a maleabilidade, que possibilita a facilidade para que seja esticada e soprada para adquirir o formato do molde. Todo esse processo é feito numa máquina chamada sopradora, que se pode encontrar em uma série de diferentes modelos, a fim de se adequar a necessidades especiais. Logo que a garrafa é soprada, ela deve ser arrefecida imediatamente para manter o formato do molde, é finalizado o processo de produção de garrafas PET.

2.3. Importância da Reciclagem

Felizmente a cada dia que passa, as pessoas tem tomado consciência da poluição e que algo é preciso fazer para tomar as devidas medidas de modo a que se minimizem os seus efeitos, de forma sustentável, muitos estudos têm sido feitos de modo a compreender a reutilização dos resíduos sólidos de todo o tipo, como forma de redução à agressão ao ambiente.

Segundo Moraes (2012) o crescente aumento da consciência ecológica e a preocupação das empresas assim como da sociedade são decisivos para uma gestão ambiental eficiente o que eleva a qualidade de vida para geração actual e futura, este facto abre novas perspectivas de negócios nos países que tomam disto um assunto sério, e uma que se destaca hoje é a área de reciclagem de resíduos sólidos como: papel, vidro, metal, plásticos, resíduos orgânicos e inorgânicos.

Segundo dados de 2010 (Ministério da Terra e Ambiente, 2010), os locais de maior produção de resíduos são os grandes centros urbanos, Maputo, Matola, Beira, Nampula, que produzem 1.115.000, 110.000, 162.060 e 191.625 toneladas por ano, respectivamente. Em termos da composição de resíduos verifica-se a presença de: 60% de materiais facilmente fermentáveis (matéria orgânica), 25% de materiais potencialmente recicláveis e 15% de outros. Estas percentagens poderão sofrer uma evolução ao longo do tempo, considerando a alteração do padrão de vida da população.

Para países além fronteira como o Brasil, Argentina, Asia, tem adoptado tecnologias de reaproveitamento de resíduos plásticos para fins diversos dentre os quais a produção de bloco sem função estrutural utilizando o PET. Segundo o (ISSN 1517-7076 artigos e-12357, 2019), apesar do alto índice de reciclagem, para a fabricação de uma garrafa PET para refrigerantes ou sua reciclagem, há um consumo significativo de recursos naturais, o que justifica a escolha da reciclagem mecânica do PET, como observam Achilias et al., por tanto, esta pesquisa, apresentou uma alternativa de reutilização do PET através da incineração, esta que constitui uma nova tecnologia de produção de blocos de construção.

Em Moçambique, implantação de mecanismos de tratamento de resíduos sólidos constitui ainda um desafio, embora existam algumas iniciativas da sociedade civil que seleccionam plástico, vidro e metal para o uso próprio ou para a venda. Estas práticas ocorrem

principalmente nas lixeiras municipais das grandes cidades, com destaque para Maputo e Beira. Ministério Da Terra E Ambiente, (2010)

Por sua vez, os materiais plásticos ocupam um espaço bastante considerável nos aterros devido o seu volume oque dificulta na compactação e seu baixo índice de degradação que leva até aproximadamente de mil anos para se deteriorar. Observa-se que uma das grandes vantagens da utilização de agregados reciclados, além do ganho ambiental, é a economia gerada no canteiro de obra, visto que normalmente os agregados reciclados possuem preços muito inferiores aos dos agregados naturais. SANTOS, (2012)

2.4. Propriedades do plástico Polietileno Teraftalado.

A sociedade tem demonstrado um grande desperdício no que diz respeito o destino do plástico polietileno teraftalado (PET), devido a sua potencial utilização ele pode ser encontrado em diversos locais em estados de conservação diferentes, podendo ser nas recicladoras em estado conservados e amontoado em redes, nas margem dos mares deitados ao relento, em conservação domiciliares, etc, etc. O PET mesmo apresentando em ambientes altamente agressivos, ela mantem as suas propriedades e contudo seguem-se abaixo:

2.4.1. Amorfos e Semicristalinos

O plástico PET é um poliéster que cuja densidade é alta comparativamente aos outros Termoplástico. Segundo empresa brasileira (ENSINGER) o PET está disponível como um termoplástico amorfo ou semicristalino. As características do PET tipo amorfo são alta transparência, mas propriedades mecânicas mais baixas, como resistência à tracção, bem como características de deslizamento substancialmente menores.

As propriedades típicas do tereftalato semicristalino são dureza, rigidez, resistência, excelente comportamento deslizante e baixo desgaste em ambientes húmidos.

Desta forma uma vez que o PET apresenta uma boa resistência à deformação, absorção de água nula em ambientes húmidos e uma excelente estabilidade dimensional (estabilidade dimensional é a habilidade que o polímero tem de manter o seu tamanho e forma, sob condições de temperatura e pressão variáveis.), causado pela propriedade térmica que possui, é visto desta forma para Engenharia de Construção Civil como uma alternativa sustentável por ser extremamente adequado para aplicações em zonas de nível freático elevado e para serem usadas como alvenaria de vedação.

O Plástico corresponde um ganho para blocos devido a sua sustentabilidade por oferecer:

- Alta resistência;
- Alta rigidez e dureza;
- Absorção de água muito baixa;
- Boa resistência à deformação;
- Baixo coeficiente de atrito e baixo desgaste a abrasão;
- Boa resistência química contra ácidos;
- Boa adesão e habilidade de soldagem.

2.5. Blocos convencionais

É o produto resultante da mistura de pedra, areia, cimento e água que geralmente possuem o formato de paralelepípedo e dois furos na vertical e são utilizados na construção de alvenarias de paredes e muros de vedação no cotidiano. Elas obedecem uma resistência mínima admissível que segundo Tabelas Técnicas (1993) é de 2,8 N/mm² conforme indicado na tabela abaixo.

Tipos de blocos	Resistências características f_t (N/mm ²) de rotura								
	5,0	10,0	15,0	20,0	27,5	35	50	70	100
Tijolos	5,0	10,0	15,0	20,0	27,5	35	50	70	100
Betão	2,8	3,5	5,0	7,0	10,0	15,0	20,0	35,0	—

Tabela 2 - Tensão característica de rotura f_k de blocos cerâmicos e de cimento, para alvenaria. Fonte: (Tabelas Técnicas 1993).

Os blocos convencionais podem assumir diversos tamanhos e formas em função da sua solicitação em termos de absorção de carga, aplicação e facilidade de erguer uma parede. Para esta pesquisa foi utilizado o formato do bloco convencional mais comum nas construções de edifícios, infra-estruturas habitacionais e comerciais a nível nacional, tal como ilustra a figura abaixo.

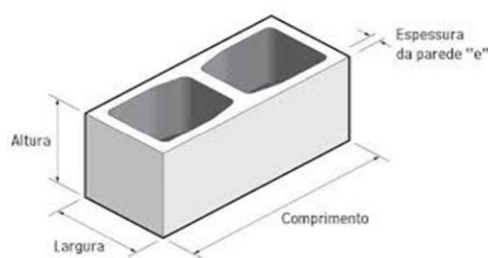


Figura 2 - Termos para as dimensões do bloco convencional. Fonte: (<http://construnormas.pini.com.br>).

Onde:

$H = 20 \text{ cm}$; $L = 15 \text{ cm}$; $C = 40 \text{ cm}$; $e = 2.5 \text{ cm}$.

O molde projectado para a produção dos blocos utilizando plástico reciclado em substituição do cimento, respeitou as características do bloco convencional, segundo (TABELAS TÉCNICAS 1993, pag. 457) diz que no caso de blocos de betão, os mais correntes tem normalmente 40 cm de comprimento e 20 de altura. Diz ainda que os blocos furados não devem ter percentagem de furacão superior a 60% e a espessura dos septos verticais devem ser iguais ou superiores a 25mm.

2.5.1. Tipos de Blocos e sua aplicação

Observando as tensões características de rotura f_k de blocos, a sua tipologia é dividida em categorias (M10, M15 e M20) e classes (A, B e C) segundo (Piramide Pré-Moldados - 2019).

❖ Categoria

As categorias dos blocos são subdivididas em três grandes grupos nomeadamente M10, M15 e M20. Essas categorias são as mais comuns em obras de construção em Moçambique em que a principal diferença entre estes reside na largura e no peso volúmico. Para o **M10**, as suas características são de 10 cm de largura, 20 cm de altura e 40 cm de comprimento, esta é usada em paredes internas de edifícios. **M15** usada na execução de paredes externas dos edifícios, tem de largura 15 cm, 20 cm de altura e 40 cm de comprimento e por fim a categoria **M20** mais usada em edificações para construção de fundações e paredes externas, obedecendo as características de 20 cm de largura, 20 cm de altura e 40 de comprimento. A espessura do septo é comum em todas as categorias 2.5 cm.

❖ **Classe**

- a) A classe dos blocos é em função da sua resistência característica de rotura f_k medida em Mpa. Classe A tem resistência maior que 8 Mpa;
- b) Classe B resistência entre 4 a 8 Mpa, e;
- c) Classe C com resistência variando de 3 a 4 Mpa.

2.6. Descrição das campanhas

Canellas (2005) pesquisou a utilização de resíduo sólido de PET reciclado que tinha como objectivo a incorporação do PET em substituição do agregado miúdo em argamassas. Para o melhoramento da trabalhabilidade da argamassa usou a relação A/C igual a 1 para traço de 1:4. Substitui de forma parcial a areia nas taxas volumétricas de 10%, 30%, 50% e 70% (tabela 3) por PET triturado com uma granulometria D_{max} entre 1,41 e 2 mm (figura 3)

Traço	Cimento	Areia	PET	Água
T1 - 0%	100	400	0	100
T2 - 10%	100	360	40	100
T3 - 30%	100	280	120	100
T4 - 50%	100	200	200	100
T5 - 70%	100	120	280	100

Tabela 3 - Traço em peso das argamassas estudadas - 1:4. Fonte: (Canellas, 2005, p. 54).



Figura 3- PET Triturado. (Fonte: Canellas, 2005, p. 53).

Hannawi, Kamali-Bernard e Prince (2010) em sua pesquisa sobre propriedades físicas e mecânicas de argamassas contendo PET e policarbonato (PC) como agregado (figura 4), cuja relação A/C adoptado foi de 0,5 em substituição parcial da areia pelos resíduos plásticos em proporções percentuais de 3%, 10%, 20% e 50% (tabela 4). A dimensão dos agregados, em caso de PET estabeleceu-se de 1.6 e 10 mm.

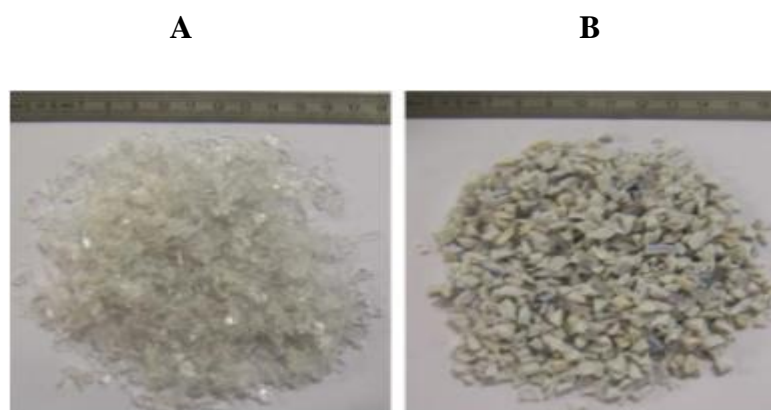


Figura 4 - PET triturado (A) e de PC (B). Fonte: (Hannawi, Kamali-Bernard e Prince, 2010, p. 2313).

Mistura	M0	M3E	M10E	M20E	M50E
Quantidade de agregado plástico (%)	0%	3%	10%	20%	50%
Água (kg/m ³)	256.5	256.5	256.5	256.5	256.5
Cimento (kg/m ³)	513.0	513.0	513.0	513.0	513.0
Areia (kg/m ³)	1539.0	1493.0	1385.0	1231.0	769.0
Agregado Plástico (kg/m ³)	0.0	23.7	78.9	157.7	394.3
^b A/cm	3.00	2.96	2.85	2.71	2.27
^a Volume de substituição de areia por agregado plástico.					
^b A/cm = relação agregados por cimento em massa.					

Tabela 4 - Designação e composição das misturas. Fonte: (Hannawi, Kamali-Bernard e Prince, 2010, p.2314, adaptado).

Akçaözöğlü, Atiş e Akçaözöğlü (2010) estudou sobre o uso de frações de garrafas PET como agregado para produção de betão leve. No seu processo de investigação adoptou a relação A/C constante de 0.45 ao traço em peso de 1:1.5 e 1:0.5 em substituição do agregado natural

em 50% e 100%, respectivamente (tabela 5). Por questões de objectivos definidos estudou também a substituição parcial de cimento por escória de alto-forno e a interacção conjunta destes elementos. Por sua vez a granulometria de PET adoptado foi de 0.25 e 4 mm de dimensões.

Mistura	Aglomerante		Agregado			
	Cimento	Escória de alto-forno	PET	Areia	Água	Total
M1	51.28	0	25.64	0	23.08	100
M2	25.64	25.64	25.64	0	23.08	100
M3	33.9	0	16.95	33.9	15.25	100
M4	16.95	19.95	16.95	33.9	15.25	100

Tabela 5 - Composição em percentagem de peso das amostras ensaiadas. Fonte: (Akçaözöglu, Atiş e Akçaözöglu, 2010, p.287).

Barreto, J.M.L.; Costa, H.N.; Cândido, L.F (2019), investigou sobre análise das propriedades físicas e mecânicas de blocos de betão prensados sem função estrutural com a incorporação de PET reciclado (figura 5). Durante o estudo verificou-se que a manutenção da relação A/C nos traços com substituição percentual de pó de pedra pelo PET reciclado, deixava a mistura com uma trabalhabilidade de baixa consistência e foi desta forma que se adoptou a adição gradativa de água na composição cuja relação é igual a 0.7 para um traço de 1:5,53 (tabela 6).

A dimensão máxima característica do agregado PET reciclado estabeleceu-se em 4.75 mm.



Figura 5 - PET triturado em processo de mistura com demais agregados. Fonte: (Barreto, J.M.L.; Costa, H.N.; Cândido, L.F (2019)).

TRAÇO	CIMENTO (g)	PÓ DE PEDRA (g)	PET TRITURADO (g)	ÁGUA (g)
Ref	41.67	234.73	0	29.34
15%	41.67	199.52	6.07	29.34
30%	50	197.18	14.57	28.55
45%	58.33	180.74	25.5	34.22

Tabela 6 - Consumo de materiais para um bloco. Fonte: (Barreto, J.M.L.; Costa, H.N.; Cândido, L.F (2019)

Monteiro (2017), em seu estudo sobre o uso de resíduos de embalagens PET em betões, foi por si experimentado e analisado as argamassas e betões com flocos de PET de granulometria relativamente baixa como agregado miúdo em substituição de porções de areia. Em argamassas foram analisados os seguintes traços em massa de cimento/agregado 1:2, 1:3 e 1:4 (tabela 7). Analisou para cada traço de forma equitativa a substituição em massa de areia por resíduos de PET em 10% e 20%. A dimensão máxima característica do agregado PET reciclado estabeleceu-se em 4.75 mm.

Cimento/Agregados	Amostra	Cimento	Areia	PET	a/c
1:2	AC	1	2	0	0.44
	A10	1	1.8	0.2	0.47
	A20	1	1.6	0.4	0.5
1:3	BC	1	3	0	0.61
	B10	1	2.7	0.3	0.66
	B20	1	2.4	0.6	0.74
1:4	CC	1	4	0	0.76
	C10	1	3.6	0.4	0.83
	C20	1	3.2	0.8	0.92

Tabela 7 - Traço em massa para execução de argamassas. Fonte: (Monteiro (2017).

2.6.1 Origem e Preparação dos resíduos plásticos PET

Akçaözöğlü, Atiş e Akçaözöğlü (2010), para o seu estudo usaram os resíduos PET fornecidos por uma indústria produtora e que por sua vez eles já vinham triturados e lavados mecanicamente por meios convencionais. Monteiro (2017), utilizaram resíduos de PET que foram obtidos a partir de uma indústria local, brasileira de beneficiamento de materiais recicláveis. Nesta pesquisa os resíduos de PET utilizados foram de diversas embalagens e de funcionalidades diferentes que antes passaram por lavagem para retirada das impurezas e triturados por meios próprios para produção de compostos cimenteiros.

Canellas (2005), utilizou garrafas PET recolhidas ao relento urbano, cujo tamanho das garrafas variavam entre 1.5L e 2L de coloração diversa. A tampa, o rótulo e o anel do lacre uma vez sendo de compostos de outro tipo de plástico (Termorrígidos) foram retirados de modo que se possa garantir a predominância do PET antes mesmo de serem lavados e passados por um processo de secagem para posterior processo de trituração por um fragmentador de facas. Barreto, J.M.L.; Costa, H.N.; Cândido, L.F (2019), fez uso de garrafas PET proveniente da recolha urbana que de tal forma faz-se menção diversos tipos de PET. Assim como os outros pesquisadores este seguiu o mesmo raciocínio no que concerne a lavagem do PET, trituração de modo a garantir uma granulometria ótima para essa mistura. Frigione (2010) optou pela utilização de garrafas PET sem lavar nem separar por tipologia. O material foi triturado em um fragmentador de lâminas.

2.6.2. Ensaios e resultados obtidos

Mesmo com a diversificação dos objetivos de cada pesquisador entorno deste tema, conota-se que os resultados das pesquisas têm uma aproximação tendenciosa no que diz respeito a validação do PET na produção de blocos. Feito isso, cada autor optou na determinação e condições dos seus ensaios. Serão apresentados nesta pesquisa os resultados dos ensaios que estejam relacionados com os objetivos do presente autor, e que desse jeito os estudos possibilitam a montagem de um quadro resumo do estado actual dos avanços alcançados neste tema.

2.6.2.1 Resistência à compressão

Canellas (2005) após os ensaios laboratoriais até aos 28 dias e discussão dos resultados, constatou que as taxas de substituição do agregado miúdo acima dos 30% apresenta uma perda significativa da capacidade de resistências (figura 6) dado esse que deve-se por diminuição do

adensamento devido ao arranjo entre grãos e em virtude do módulo de elasticidade do PET que retorna a sua posição inicial após a compactação aumentando consideravelmente a porosidade do material.”

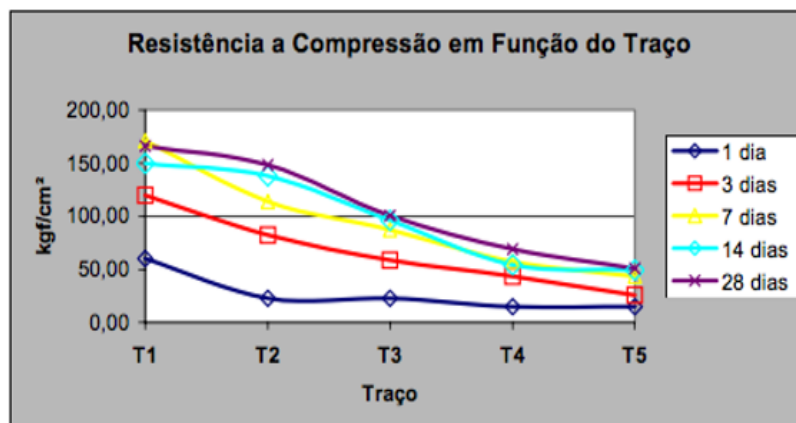


Figura 6 - Ilustração gráfica da resistência à compressão em função do traço em volume. Fonte: (Canellas 2005, p.66).

Akçaözöğlü, Atiş e Akçaözöğlü (2010), através dos resultados concluíram que a argamassa com a composição PET e areia é superior ao da argamassa com incorporação só de PET como agregado (Figura 7). Os estudos relevaram uma relevante observação no que concerne a redução significativa do peso próprio estrutural quando usado a granulometria máxima (4mm) de PET em betões e ou em argamassas.

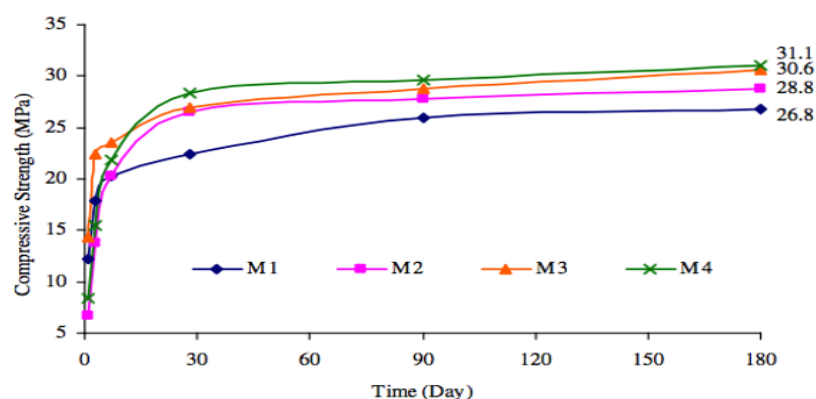


Figura 7 - Resistência a compressão axial em argamassas. Fonte: (Akçaözöğlü, Atiş e Akçaözöğlü (2010, p.288)).

Segundo Hannawi, Kamali-Bernard e Prince (2010), a resistência a compressão axial tem-se mostrado com uma tendência regressiva devido a dimensão do agregado PET, o que dificulta a ligação entre a matriz cimentícia e os grânulos plásticos. Monteiro (2017), os resultados do seu estudo em argamassa não apresentaram relações proporcionais com a massa de areia

substituída por PET (figura 8). Notou-se que os valores das taxas 10% e 20% as suas perdas de resistência a compressão não são proporcionais em nenhum dos traços de base estudados.

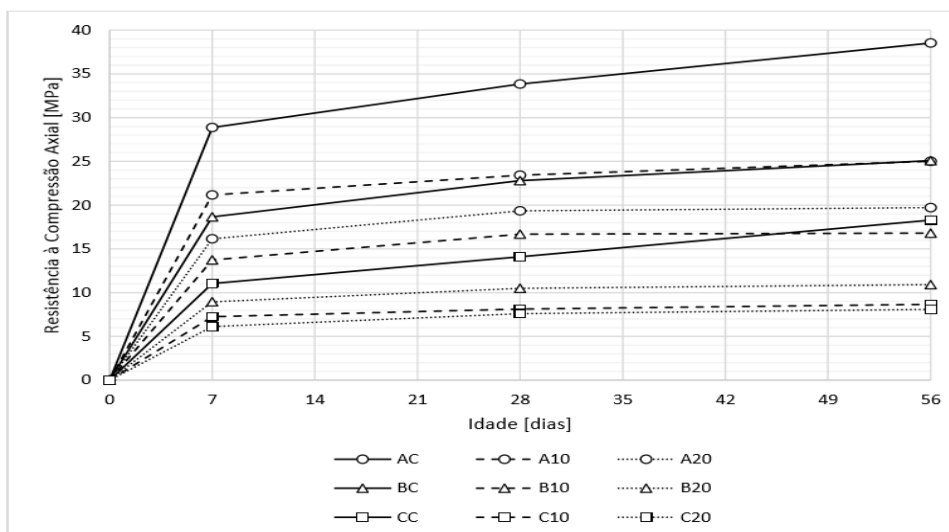


Figura 8 - Resistência à compressão axial das amostras de argamassa. Fonte: (Monteiro (2017)).

Barreto, J.M.L.; Costa, H.N.; Cândido, L.F (2019), analisando os dados obtidos concluiu que as amostras com 15% de PET reciclado demonstrou uma resistência instantaneamente maior que do bloco de referência (tabela 8) e uma drástica diminuição da resistência nas amostras com 30% e 45% de PET reciclado, devendo esse efeito acontecer na medida que o teor de PET reciclado fosse acrescentado na mistura. Observou-se que para taxas de 30% e 45% embora a resistência a compressão axial tende-se a diminuir não ultrapassou a resistência mínima admissível pela norma para blocos vazados sem função estrutural.

AMOSTRA	RESISTÊNCIA (MPa)		% EM RELAÇÃO À REFERÊNCIA
	MÉDIA	Coefficiente de Variação CV (%)	
Ref.	5.58	4.48	-
15%	5.71	6.65	2.33
30%	3.54	11.86	-35.73
45%	2.73	11.36	-80.51

Tabela 8 - Resistência à compressão dos blocos. Fonte: (Barreto, J.M.L.; Costa, H.N.; Cândido, L.F 2019).

2.6.2.2 Absorção de água

Segundo Hannawi, Kamali-Bernard e Prince, 2010, a capacidade de absorção de água é definida tendo uma ligação directa com o índice de vazios num determinado elemento e que é originado por diversos factores. Tendo se demonstrado em seu estudo que as amostras com menor taxas de PET não apresentam variações significativas no que concerne a capacidade de absorção de água.

A substituição do agregado natural pelo agregado polimérico, se mostra com uma tendência que de tal forma que quando maior for a taxa do agregado polimérico, a absorção de água por imersão também aumenta frente à amostra de controlo (figura 9), factor esse que se pode justificar pela menor compacidade de betão devido a fraca ligação entre o agregado artificial e a matriz cimentícia (Lima, 2012).

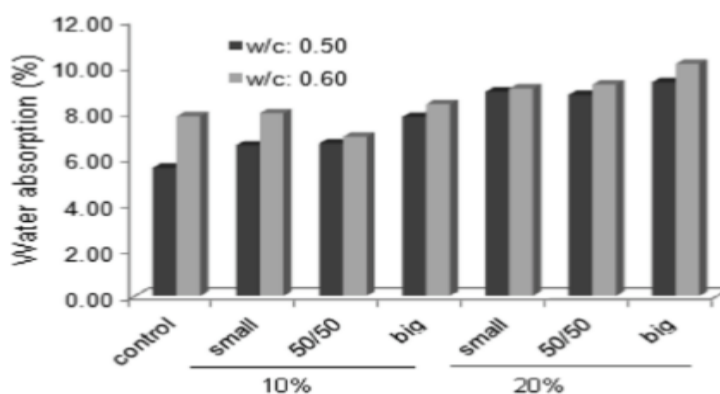


Figura 9 - Resultados obtidos para absorção de água por imersão, aos 28 dias. Fonte: (Albano et al. 2009, p.2714).

O betão com a incorporação de PET absorve mais água comparado ao betão comum. Conclui que as amostras de maior substituição do agregado natural tem apresentado maior índice de vazios o que culmina na maior capacidade de absorção de água por imersão. Este inconveniente não se tornou preocupação pois a percentagem da absorção de água ainda esta dentro dos parâmetros normativos para enquadramento com betão leve. (Akçaözoglu, Atiş e Akçaözoglu, 2010)

A variação das taxas de absorção de água por capilaridade desenvolveu-se de forma não esperada, pelo facto de que o traço de controlo apresenta uma menor taxa, seguido pelos traços de 10% e 20% de substituição do agregado natural respectivamente (tabela 9). A maior atenção deu-se para séries de 10% de substituição do agregado natural por ter apresentado

taxas de absorção menores aos traços de controlo nos tempos 3, 6 e 24 horas. No tempo 72h apresentou taxas equivalentes à do traço de controlo. E conclui que quanto maior a massa volúmica maior será a absorção de água por capilaridade. Monteiro (2017)

Cimento/Agregados	Amostra	Absorção por capilaridade [g/mm ²]			
		3 horas	6 horas	24 horas	72 horas
1:2	AC	0.004	0.005	0.008	0.012
	A10	0.002	0.002	0.005	0.012
	A20	0.005	0.006	0.009	0.013
1:3	BC	0.004	0.006	0.01	0.013
	B10	0.002	0.003	0.007	0.013
	B20	0.005	0.007	0.012	0.015
1:4	CC	0.004	0.006	0.012	0.015
	C10	0.003	0.005	0.011	0.016
	C20	0.008	0.01	0.017	0.018

Tabela 9 - Resultados dos ensaios de absorção de água por capilaridade de cada traço. Fonte:

(Monteiro, 2017).

Albano et al. (2009) propõe que os agregados influenciam de forma directa no que concerne a porosidade do composto de duas formas:

- ❖ Proporcionando uma porosidade característica e alterando a pasta de ligação do cimento em betões.
- ❖ O agregado fino de PET cria ainda uma porosidade característica diferente da porosidade criada pela areia devido à sua forma geométrica, o que justifica a variação da porosidade conforme a substituição da areia.

Em seus blocos de betão presado sem função estrutural com incorporação de PET reciclado, constatou-se que a medida em que se substitui o agregado miúdo por PET reciclado, resulta em uma mudança inversamente proporcional da absorção de água e a resistência a compressão do bloco (figura 10). Desta forma, para a amostra de 15% de PET reciclado apresentou uma menor taxa de absorção de água e encontra partida maior resistência a

compressão. Este fenómeno se repetiu analogicamente para os demais traços. Barreto, J.M.L.; Costa, H.N.; Cândido, L.F (2019)

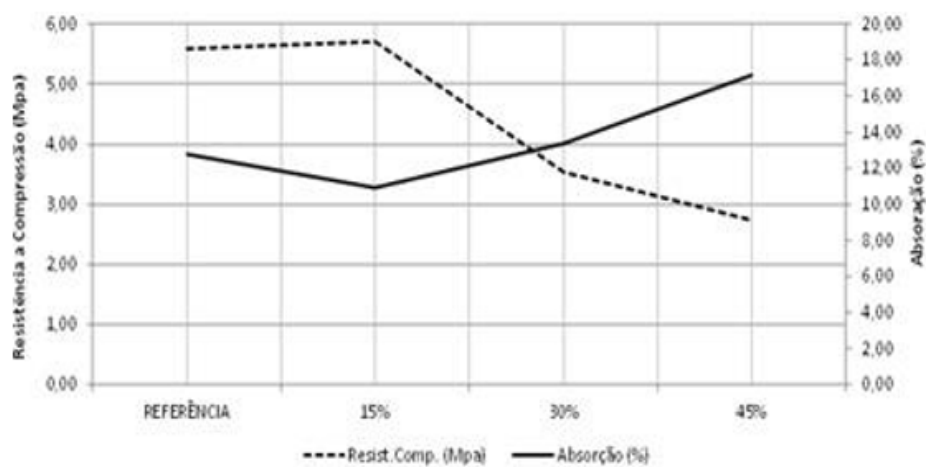


Figura 10 - Resistência à compressão versus absorção dos blocos. Fonte: (Barreto, J.M.L.; Costa, H.N.; Cândido, L.F. 2019).

CAPÍTULO III: METODOLOGIA

Partindo do princípio de definição de metodologia, é definido por Carvalho (2009), como sendo um procedimento adoptado para se encontrar a resposta da questão básica. Inclui entre outras actividades as técnicas utilizadas, amostragem, colecta de dados, processos e análise.

3.1. Desenho da Pesquisa

No final da pesquisa, importará aceitar uma das hipóteses traçadas, e para que essa validação ocorra, o cumprimento dos objectivos elaborados foi um dos percursos que envolve a pesquisa. O trabalho aqui apresentado, envolveu duas componentes, sendo que uma delas envolveu a consulta de manuais e bibliografias que tratam de conteúdos ligados ao tema aqui apresentado, por outro lado, houve a componente experimental onde envolveu a efectivação da fabricação do bloco proposto com o uso de plástico reciclado em substituição do cimento.

a) Quanto aos Objectivos

Tendo em conta a estruturação dos objectivos, o primeiro apresenta-se como sendo descritivo, pelo que concentra-se em apresentar a composição, e caracterização do objecto. Fleixo (2012) considera que a pesquisa descritiva demonstra um conjunto relacionado ao que se está a pesquisar, apresentando de forma categórica as razões de existência de determinados factores, incluindo a identificação de factores que possam estar relacionados com um fenómeno em particular.

Para Gil (2002), as pesquisas descritivas pretendem principalmente “descrever características de uma população ou fenómeno, por outro lado a relação entre as variáveis e utilização de técnicas padronizadas no processo de recolha de dados”.

b) Quanto a Natureza

A abordagem trazida neste trabalho foi de natureza qualitativa, entendida por Trivinos (1987), como sendo aquela que trabalha os dados na busca do seu significado, tendo como base a percepção do fenómeno dentro do seu contexto. O uso da descrição qualitativa procura não só captar a aparência do fenómeno como também as suas essências, procurando explicar sua origem, relações e mudanças, e tentando intuir as consequências.

c) Quanto aos Procedimentos Técnicos

Importa neste ponto referir as técnicas que foram usadas para obtenção de informação que contribuiu no bom andamento deste trabalho, desde já ressaltar que houve a necessidade de consultar várias fontes na medida que assim o foi necessário, e por sua vez para que se possa fazer a sua devida interpretação.

❖ Recolha de Dados

“As técnicas de colecta de dados são um conjunto de regras ou processos utilizados na elaboração de alguma pesquisa no ramo científico, sendo esta, a parte prática da busca de dados necessários para o estudo em causa” (Lakatos e Marconi, 2003, p. 41)

Desta forma, a primeira fase do trabalho aqui apresentado para pesquisa, o processo de recolha de dados foi orientada pela pesquisa bibliográfica que é considerada pela recolha de dados secundários buscando aquilo que já tenha sido pesquisado sobre o assunto e não só, como contribuições sobre a matéria na sociedade, assim sendo, (Lakatos & Marconi, 2003) “a pesquisa bibliográfica retracts sobre a bibliografia já tornada pública em relação ao tema estudado, desde publicações avulsas, testes, boletins, entre outros, com a finalidade de colocar o pesquisador em contacto directo com o que já foi escrito” (2003, p. 26).

As autoras acrescentam concluindo que, toda a pesquisa ou trabalho científico deve ter o apoio e o embasamento na pesquisa bibliográfica na medida em que não se desperdice tempo e recursos com um problema solucionado e assim se possa chegar a conclusões inovadoras.

Vergara (2009, p. 89) concordando com as autoras acima mencionadas sintetizam a pesquisa bibliográfica sendo aquela que “é desenvolvida a partir de um material já elaborado e constituído por livros e artigos científicos, ajudando o pesquisador na análise de qualquer outro tipo de pesquisa”.

Paralelamente a primeira fase, foi contemplada com a segunda pesquisa documental em que segundo Lakatos e Marconi (2003, p. 87), “é quando a colecta ocorre sob fontes primárias, como em documentos escritos ou não, pertencentes ao arquivo público, particulares ou domiciliares”. Enquanto Gil (1996, p. 27) comenta que, “embora haja semelhanças com a pesquisa de cunho bibliográfico, a diferença reside na natureza das fontes: sendo a bibliográfica baseada fundamentalmente das contribuições de diversos autores enquanto que a documental vale-se de material ainda sem tratamento analítico”.

As bibliografias que foram usadas no processo da pesquisa, visou em trazer argumentos que sustentam o tema e dão importância ao tema, com conceitos, e detalhes observados em pesquisas anteriores que estão relacionadas com o tema aqui tratado, quanto a componente documental de recolha de dados, identificou-se documentos com informação do mesmo segmento com a bibliográfica, mas, principalmente sob a componente experimental, avaliando os registos.

Para Fonseca (2002, p. 38), a pesquisa experimental selecciona grupos de assuntos coincidentes, submete-os a tratamentos diferentes, verificando as variáveis estranhas e verificando se as diferenças observadas nas respostas são estatisticamente significantes. [...] Os efeitos observados são relacionados com as variações nos estímulos, pois o propósito da pesquisa experimental é apreender as relações de causa e efeito ao eliminar explicações conflitantes das descobertas realizadas.

A pesquisa experimental foi desenvolvida em laboratório (onde o meio ambiente criado é artificial) e no campo (onde foram criadas as condições de manipulação dos sujeitos nas próprias organizações, comunidades ou grupos).

No presente trabalho, o processamento de dados, a colecta dos corpos prova, os ensaios, cálculos e determinação dos resultados foram feitos em laboratório.

3.2. População e Amostra

O universo, ou população, é o conjunto de elementos que possuem as características que serão objecto do estudo, e a amostra, ou população amostra, é uma parte do universo escolhido seleccionada a partir de um critério de representatividade (Vergara, 1997).

Para o presente trabalho de investigação temos:

- População: Bloco com incorporação de plástico reciclado.
- Amostra: Bloco com incorporação de cimento e plástico em percentagens de 15% - 30%, 10% - 50%, 0% - 35%, 0% - 50% e 0% - 65% respectivamente;

3.3. Tipo de Amostragem

- ❖ **Amostra Não-Probabilística Por Escolha Racional** Segundo Almeida (2001) A escolha dos elementos da amostra é feita de forma não aleatória, justificadamente ou não. A escolha é intencional ou por conveniência, considerando as características particulares do grupo em estudo ou ainda o conhecimento que o pesquisador tem daquilo que está investigando. É quando o pesquisador busca na população uma parte dela que interessa, ou seja, os participantes são escolhidos por terem uma e ou mais características específicas.

Deste modo para o presente trabalho de pesquisa, tendo sido a população em estudo os blocos com incorporação de plástico reciclado, a amostragem constituiu os blocos com incorporação de plástico reciclado em substituição parcial e total do cimento, porém em proporções diferentes, isto é, bloco contendo plástico reciclado e cimento em percentagens de 30% - 20%, 50% - 10% respectivamente, e corpos de prova do bloco contendo plástico reciclado a 100%.

- ❖ **Análise de Dados**

Por se tratar de uma experiência, houve vários tipos de procedimentos para análise de dados, tendo em conta que foi a fase em que os resultados precisaram ser explicados, sendo que uma das técnicas a usar foi a de análise de conteúdo, que segundo (Laville & Dione, 1999) o procedimento de análise de conteúdo procura demonstrar uma cadeia de valores e elementos do conteúdo recolhido, buscando de forma clara esclarecer as diferenças nas características e significado existentes, agrupando-os por categorias de forma que estes elementos constituam unidades de análise.

Os corpos de prova colhidos, foram submetidos a vários testes que são descritos no desenvolvimento do trabalho.

CAPÍTULO IV: APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1. Plástico reciclado

4.1.1. Origem

Os resíduos do plástico utilizados neste trabalho de pesquisa foram colectados de diversos modos, cuja convergência entre elas é a rejeição dos resíduos do PET de forma expedida pelo usuário. Foram colhidos a nível domiciliar, recolhas de resíduos nas ruas e praias e através da compra em maiores quantidades em diversos locais que encontravam-se disponíveis na cidade de Maputo. A recolha desse material foi feita a não considerar o estado, a coloração e o tamanho das garrafas.



Figura 11 - Resíduos de plásticos colhidos a nível domiciliar. Fonte: Autor, 2022



Figura 12 - Resíduos de plásticos colhidos na praia do Costa do Sol. Fonte: Autor, 2022



Figura 13 - Resíduos de plásticos recolhidos em ruas e através da compra da cidade de Maputo

4.1.2 Característica do plástico

A colecta desses resíduos de plástico foi feita após o consumidor final ter usufruído daquilo que era o produto embalado.

As características físicas do plástico PET variam de acordo com o tempo e local de conservação (sem alterar as suas propriedades químicas). É através dessas duas variáveis que pode-se observar as características físicas do PET, visto que é encontrado em diversos tamanhos de acordo com o seu destino. Verifica-se na sua maioria garrafas de água, óleo e refrigerantes, em tamanhos que variam de 0.5 até 5 ltrs em estado de conservação iguais as iniciais e estados deformados. De realçar que, no presente trabalho de pesquisa não foram colhidos resíduos de plástico PET enterrados.

As garrafas de PET apresentam-se com uma geometria igual ao estado inicial como ilustra a figura 14, e com formato irregular, figura 15, observou-se que a maioria das garrafas PET apresenta ainda o rótulo e o anel do lacre. Apesar do rótulo e o anel do lacre não fazerem parte deste tipo de plástico e por se apresentarem com menor quantidade, foram incorporados no processo de produção dos blocos.



Figura 14 - Apresentação da geométrica do resíduo de Plástico PET iguais ao estado inicial. Fonte: Autor, 2022



Figura 15 - Apresentação da geométrica do resíduo Plástico PET em formato irregular. Fonte: Autor, 2022



Figura 16 - Apresentação de resíduo de termoplásticos. Fonte: autor, 2022.

4.2. Classificação dos materiais segundo a origem:

Agregado é o material particulado, incoesivo, de actividade química praticamente nula, constituído de misturas de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos. (Prof. Architecta 2010)

- Naturais: os que já sofreram o processo de transformação natural (areia e pó de pedra).
- Industrializados: os que têm na sua composição partículas obtidas por diversos processos industriais (termoplástico).

4.2.1. Segundo a dimensão das partículas:

Agregado miúdo pó de pedra e areia, estes fragmentos passam nos peneiros com uma abertura de 4,8 mm, e são aplicados no processo de produção dos blocos feitos através de plástico reciclado PET, tendo também a sua maior aplicação em argamassas, betões, etc.

Segundo conjuntura de conceitos de agregados, pode dizer-se que é um material de construção composto e colhido directamente da natureza, e que vem sofrer transformações industriais como se pode observar nas figuras 17, que ilustra areia grossa, e 18 que apresenta o agregado de pó de pedra.



Figura 17 - Apresentação do agregado miúdo areia grossa. Fonte: Autor, 2022)

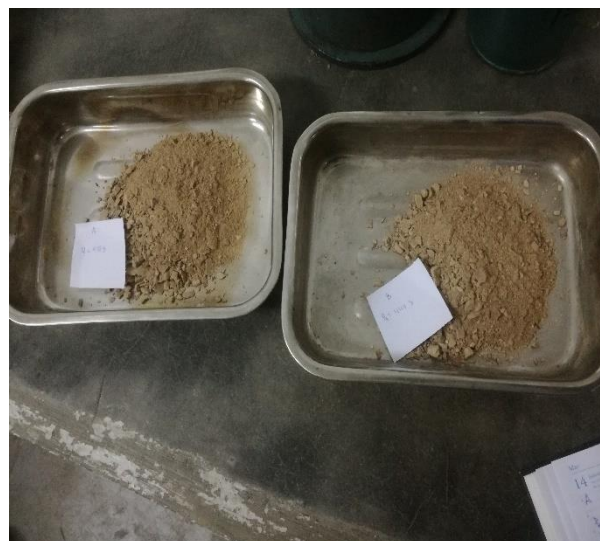


Figura 18 - Apresentação do agregado miúdo pó de pedra. Fonte: Autor, 2022)

4.3 Composição Granulometria

A análise da granulometria dos agregados tem como principal objectivo a obtenção de dados estatísticos através das distribuições das dimensões dos agregados em função a uma série de peneiros normalizados.

O ensaio da granulometria para o presente trabalho de pesquisa foi realizado através das recomendações da norma NP 1397, na determinação das propriedades geométricas dos agregados, e análise granulométrica por método de peneiração.

O conjunto de peneiros utilizados na presente pesquisa respeitam à norma NP EN ISO 3310 da série ASTM, cuja aberturas das malhas são apresentadas na tabela abaixo.

PENEIROS - ASTM (mm)	
Série Normal	Série Intermediária
75	-
-	63
-	50.79
37.5	-
-	25
19	-
-	12.5
9.5	-
4.75	-
2.36	-
1.18	-
0.6	-
0.3	-
0.15	-
-	0.075

Tabela 10 - Abertura das malhas (série normal e intermediária) NP EN 933-1 (2000).

Procedimento de ensaio

- ❖ Foram pesadas amostras de areia e pó de pedra como apresentado na figura 19, tendo como peso inicial 651.5 g e 724.5 g respectivamente;
- ❖ Seguindo então o processo de peneiração que ocorre por fases consecutivas. Este processo usualmente é feito por meio de máquinas eléctricas que agitam os peneiros de modo que o material seja retido na sua respectiva malha em função da dimensão (figura 20). Mas neste trabalho de pesquisa foi efectuado manualmente para que desse jeito se aumente o rigor do ensaio. A norma tem considerado que o processo de peneiração nas malhas encontram-se concluídas no momento em que a quantidade passada no mesmo seja inferior a 1% da amostra. Na prática, depois de vários ensaios

se pode concluir que o processo de peneiração termina a etapa quando visualmente se pode verificar que não passa mais material, podendo assim passar para o próximo peneiro. Sendo que este processo também não está isento de erros, é bem normal que o peso inicial no final da peneiração seja infimamente diferente, deste modo a norma exige uma diferença percentual de não superior a 0.5% da quantidade inicial.



Figura 19 - Pesagem dos materiais retidos. Fonte: Autor, 2022



Figura 20 - Agitação manual dos agregados através da série de peneiros. Fonte: Autor, 2022.

- ❖ Como referencia à norma NP 1379, segue-se o preenchimento da tabela considerando que:

$$\% \text{ Retida} = \text{Massa Retida} / \text{Massa total} * 100$$

$$\% \text{ Retida acumulada} = \% \text{ Retida anterior} + \% \text{ Retida posterior}$$

$$\% \text{ que passa} = 100\% - \% \text{ Retida acumulada}$$

4.4 Peso Específico e Absorção de água em Agregados

Peso específico, é a razão entre o peso de um agregado em função ao volume e o peso da água ao mesmo volume figura 21. Em vários ensaios elaborados verifica-se que a água em temperatura ambiente ela apresenta uma peso específico de 1g/cm^3 . Esse dado nos possibilita analisar a variação da peso específico de demais agregados do mesmo material ensaiado, incluindo ainda, a determinação da absorção de água (AASHTO T 84-88), figura 22.

Se a relação de peso específico para uma determinada substância for inferior a 1, isso significa que o material irá flutuar na substância de referência (água), e quando a razão de peso específico para um determinado material é maior que 1, isso significa que o material afundará na substância de referência (<https://www.portalsaofrancisco.com.br/fisica/gravidade-especifica>). As tabelas 11 e 12 apresentam-se os resultados dos pesos específicos de pó de pedra e areia grossa respectivamente.



Figura 21 - Picnómetro/recipiente contendo água.
Fonte: autor, 2022



Figura 22 - Adição da água no Picnómetro contendo o agregado.
Fonte: autor, 2022

Numerous de picnómetro		1	2
A = Peso do forno - amostra seca ao ar	g	406.0	412.0
B = Peso do picnómetro cheio de água	g	1572.5	1572.5
C = Peso do picnómetro com amostra e água seca	g	1824.0	1833.5
S = Peso da superfície saturada - amostra seca	g	438.0	447.0
A	g/cm^3	2.18	2.22
$(B + S) - C$	. = GRAVIDADE ESPECIFICA		
Media	g/cm^3	2.2	
S	g/cm^3		
$(B + S) - C$	. = GRAVIDADE ESPECIFICA (SUPERFICIE SATURADA-SECA)	2.35	2.40
Media	g/cm^3	2.38	
A	g/cm^3	2.63	2.73
$(B + A) - C$	. = GRAVIDADE ESPECIFICA APARENTE		
Media	g/cm^3	2.68	
$(S - A)$	%	7.88	8.50
A	* 100 = ABSORÇÃO		
Media	%	8.19	

Tabela 11 - Apresentação do peso específica e absorção em Agregados pó de pedra AASHTO T 84-88.

Número de picnómetro		1	2
A = Peso do forno - amostra seca ao ar	g	421.5	548.5
B = Peso do picnómetro cheio de água	g	1572.5	1572.5
C = Peso do picnómetro com amostra e água seca	g	1845.0	1921.5
S = Peso da superfície saturada - amostra seca	g	425.5	554.0
A	g/cm^3	2.76	2.68
$(B + S) - C$	. = GRAVIDADE ESPECIFICA		
Media	g/cm^3	2.72	
S	g/cm^3		
$(B + S) - C$	. = GRAVIDADE ESPECIFICA (SUPERFICIE SATURADA-SECA)	2.78	2.70
Media	g/cm^3	2.74	
A	g/cm^3		
$(B + A) - C$	. = GRAVIDADE ESPECIFICA APARENTE	2.83	2.75
Media	g/cm^3	2.76	
$(S - A)$	%	0.95	1
A	* 100 = ABSORÇÃO		
Media	%	0.98	

Tabela 12 - Apresentação da gravidade específica e absorção em Agregados de areia grossa AASHTO T 84-88.

4.5. Processo de produção do bloco utilizando plástico reciclado.

Por se tratar de uma nova experiência no ramo de construção civil precisamente na produção de bloco com este tipo de material, estudos de viabilidade foram feitos de modo a obter os equipamentos e materiais necessários para a produção de blocos utilizando plástico reciclado a nível domiciliar. Os equipamentos e materiais utilizados foram:

Equipamentos e EPIs

- ❖ Forno (adaptado com capacidade de até 100L);
- ❖ Moldes personalizados com aberturas laterais e moldes sem aberturas laterais;
- ❖ Balança electrónica com capacidade de até 50 kg;
- ❖ Balde com capacidade de até 5 L para pesagem dos materiais;
- ❖ Espátula (para o auxílio na compactação superficial do bloco);
- ❖ Pá (para o processo de mistura dos materiais);
- ❖ Pincel 75 mm (para aplicação do lubrificante no molde);
- ❖ EPIs (Capacete, luvas térmicas, óculos de protecção, botas e Máscara de filtro contra gases inorgânicos e vapor, série EN14387: 2001+A1: 2008 B1)

Materiais

- ❖ Plástico reciclado;
- ❖ Cimento;
- ❖ Areia Grossa;
- ❖ Pó de pedra;
- ❖ Lenha verde;
- ❖ Óleo queimado.

4.5.1 Dosagem e produção dos blocos

Para o estudo foram analisados seis traços de blocos, sendo que cinco com a incorporação do plástico reciclado em substituição parcial do cimento, nos teores de 15% - 30%, 10% - 50%, 0% - 35%, 0% - 50% e 0% - 65% correspondentes a cimento e plástico respectivamente, e o sexto traço (traço de referência) não contém o plástico e foi requisitado de uma empresa de pré-moldados da região, respeitando o traço em massa de 1,5 : 4,5 : 6,5 : 0,015 (cimento, areia fina, pó de pedra e água), cujo a resistência é de 4.82 N/mm², que corresponde a classe B6 e de categoria M15.

Na execução das misturas figura 27, foi utilizado um forno adaptado com uma capacidade de até 100 L (figura 23) e com a ajuda de uma pá para o processo de mistura. O forno foi previamente aquecido usando a lenha verde que segundo (Diego Bevilacqua em TERMYKA) gera calor perto de 2400 Kcal/kg – 4500 Kcal/kg, isso possibilita atingir uma temperatura constante de produção de até 600⁰C. Em simultâneo o plástico reciclado PET é pesado e

adicionado ao forno no seu teor proporcional através de uma balança com capacidade de até 50 kg e é necessário que o forno seja totalmente tampado para conservar o calor e rapidamente atingir a temperatura de produção (figura 24). Após atingir a temperatura desejada o plástico encontra-se derretendo e apresentando uma característica pastosa (figura 25), e pronto para receber os demais materiais para produção que também são previamente pesados com a balança e auxílio de um balde (figura 26) e misturando até atingir a coesão entre os materiais.



Figura 23 - Adição de plástico no forno. Fonte: autor, 2022



Figura 24 - Adição de plástico no forno. Fonte: autor, 2022



Figura 25 - Apresentação da característica do PET aos 600°C. Fonte: autor, 2022



Figura 26 - Dosagem e pesagem do material. Fonte: autor, 2022.

TRAÇO	CIMENTO (Kg)	PLÁSTICO (Kg)	AREIA FINA (Kg)	AREIA GROSSA (Kg)	PÓ DE PEDRA (Kg)	ÁGUA (L)
Ref	1.50	0	0	4.50	6.50	1
15% - 30%	2.0	4.00	0	7.50	0	0
10% - 50%	1.35	6.75	0	5.40	0	0
0% - 35%	0	4.73	0	9.45	0	0
0% - 50%	0	6.75	0	4.25	2.50	0
0% - 65%	0	8.75	0	4.73	0	0

Tabela 13 - Consumo de materiais para um bloco. Fonte: autor, 2022

A moldagem dos blocos foi feita com uma preparação da superfície da parede dos moldes através da aplicação do óleo queimado de baixa viscosidade proveniente do motor de carro figura 28. Os moldes foram personalizados do jeito que alguns apresentassem aberturas laterais e outros sem aberturas laterais. Após a colocação do produto da mistura nos moldes, a compactação foi realizada manualmente (Gravidade a uma altura de 40 cm aproximados do nível de solo) por único operador para minimizar os efeitos de variação da energia de compactação (figura 30). O processo da desmoldagem dos blocos no molde é acompanhado de uma rega parcial com água para acelerar a secagem e garantir a configuração geométrica do molde. Para estudos mais precisos foram produzidos 4 blocos de cada para os traços, desta totalizando 20 blocos produzidos com formato convencionais (figura 29).



Figura 287 - Processo de mistura dos materiais. Fonte: autor, 2022.



Figura 27 - Aplicação do óleo queimado no moldes. Fonte: autor, 2022.



Figura 30 - Compactação manual por gravidade. Fonte: autor, 2022



Figura 29 - Apresentação do bloco produzido com plástico reciclado. Fonte: autor, 2022.

A produção dos blocos foi feita obedecendo uma série de 2, isto é, 2 blocos de cada vez eram produzidos devido a capacidade do forno e devido a facilidade do operador no processo de mistura.

Após a moldagem e a rega (processo que dura cerca de 20 min), os blocos tornaram-se consistentes facilitando assim o transporte e manuseio até ao local (Laboratório de Engenharia de Moçambique), protegido de intempéries e demais agentes perturbadores. O processo de cura levou 28 dias, e após esse período, iniciaram-se os ensaios.

4.6 Ensaios dos blocos de plástico reciclado e de referência.

4.6.1 Dimensão

Para começar as amostras dos blocos foram sinalizadas e separadas de acordo com o seu traço/teor de PET. Para a determinação das dimensões efectivas foram verificadas as medições com o auxílio de um paquímetro e demais equipamentos para o cálculo de acordo com a NPEN 772-16:2002 - *Métodos de ensaio de blocos para alvenaria_Parte 16: Determinação das dimensões.*

4.6.2 Absorção de água

A absorção de água é um dos factores que está directamente relacionada com a resistência à compressão e a durabilidade de um bloco. Segundo a norma NP EN 772-7, as amostras foram colocadas em um recipiente com água à temperatura ambiente (figura 31), garantindo assim, que todas as faces do bloco estejam em contacto com a água. Foi deixado em imersão durante

24h. Após 24h, as amostras foram retiradas cuidadosamente do recipiente e com auxílio a um pano húmido foram limpadas para posterior pesagem em uma balança electrónica e registado a massa saturada de cada amostra m_w . A expressão abaixo ajuda a calcular a absorção da água:

$$W_m = \frac{m_w - m_d}{m_d} \times 100 \leq 10\%$$

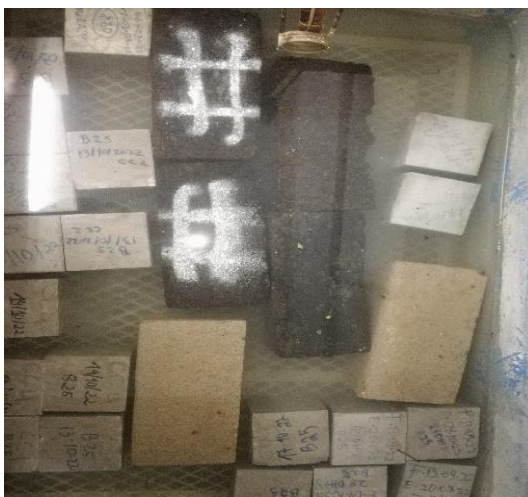


Figura 31 - Apresentação das amostras imersas em água. Fonte: autor, 2022.

4.6.3 Inspeção Visual

A elaboração deste ensaio é feito de tal forma que o instrumento necessário para a sua elaboração é a visão humana, onde verificou-se a qualidade e defeitos advindos no processo de produção dos blocos de plástico reciclado (aspecto, rachas por expansão do plástico e variação da energia de compactação).

As amostras colhidas, poderiam ter a seguinte classificação:

- Bom – Caso nenhuma anomalia aparente fosse encontrada no bloco;
- Razoável – Caso alguma anomalia aparente fosse encontrada no bloco e esta pudesse ser reparada;
- Mau – Caso alguma anomalia aparente fosse encontrada no bloco e esta fosse irreparável.

4.6.4 Resistência á compressão.

Na determinação da resistência a compressão dos blocos de plástico reciclado, foram utilizados os procedimentos da norma NP EN 7721:2002 - *Métodos de ensaio de blocos para alvenaria, Parte 1_Determinação da resistência á compressão*. Os ensaios foram feitos quando os blocos completaram os 28 dias de idade. Os blocos de cada traço com as características físicas e geométricas determinadas e aprovadas segundo as normas anteriores referenciadas, foram ensaiados numa prensa Tinius Olsen Merrimack College de 1954 (figura 32), onde a superfície de ensaio foi previamente limpa e seca. A resistência a compressão dos blocos de plástico reciclado e os de referência foram submetidos a uma carga de compressão axial uniformemente distribuída e aplicada continuamente aos eixos do bloco, segundo a norma, até atingir a rotura dos mesmos.

A resistência à compressão foi obtida a partir da equação abaixo, em que F, é a carga máxima à rotura [N], e Ac, é área da secção transversal da amostra na qual é aplicada a força de compressão [mm²].

$$f_k = \frac{F}{A_c} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$$



Figura 32 - Apresentação do ensaio da resistência a compressão na prensa Tinius/ Olsen Merrimack College de 1954. Fonte: autor, 2022.

4.7. Resultados dos ensaios

Neste capítulo, são analisados e explicados os resultados obtidos através de ensaios laboratoriais em que utilizou-se o plástico reciclado em substituição parcial do cimento na produção de blocos de construção e que foram elaborados durante esta pesquisa. Portanto, o autor apresenta os procedimentos experimentais por si elaborados de modo a contribuir e minimizar a problemática.

O principal problema deste estudo é de que até que ponto o plástico reciclado pode ser usado em substituição parcial do cimento na produção de blocos de construção. Em análise aos estudos, têm-se:

4.7. 1 Análise granulométria

Através dos procedimentos descritos no capítulo 4 deste estudo e sobre ensaios regulamentados pela norma NP 1397, foram analisados as granulometrias dos materiais e os resultados apresentados na tabela 14.

Peneiros		% TOTAL RETIDA (PÓ DE PEDRA)	% TOTAL QUE PASSA (PÓ DE PEDRA)	% TOTAL RETIDA (AREIA)	% TOTAL QUE PASSA (AREIA)
ASTM	mm				
1/2"	12.5	0	100	0	100
3/8"	9.5	4.43	95.6	0	100
4	4.75	42.97	57.9	0	100
8	2.36	70.321	29.7	1.38	98.6
15	1.18	83.05	17.0	13.35	86.6
30	0.6	89.41	10.6	55.23	44.7
50	0.3	93.98	6.0	81.27	18.7
100	0.15	97.72	2.3	97.00	3.0
200	0.075	100	0	100	0
MÓDULO DE FINURA		4.818		2.483	

Tabela 14 - Resultado da distribuição granulométrica de pó de pedra e da areia grossa. Fonte: autor, 2022.

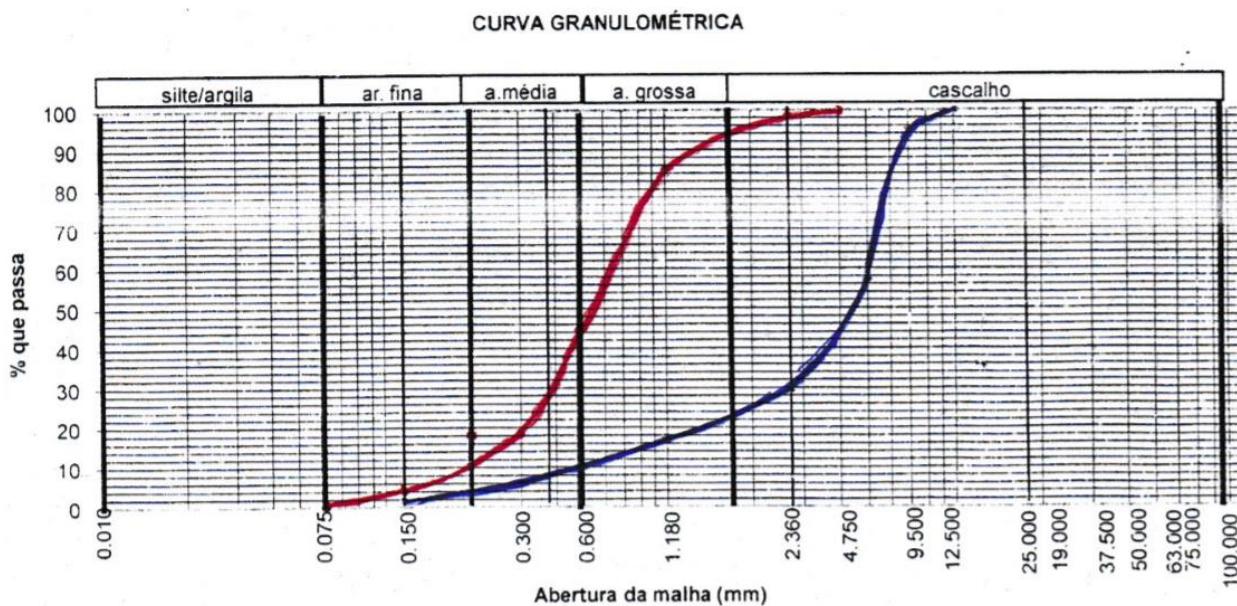


Figura 33 - Resultado da curva granulométrica de pó de pedra (Azul) e da areia grossa (Vermelho).

Fonte: autor, 2022.

Observando os gráficos do resultado da granulometria dos agregados, é possível constatar que os dois materiais, nomeadamente, pó de pedra e areia grossa, os grãos apresentam uma ligeira variedade de diâmetro e um módulo de finura disperso. Constatou-se também que, a dimensão máxima do agregado pó de pedra (12,5 mm) foi respeitado uma vez que diâmetros superiores a 12,5 mm, na composição da mistura para o teor de 50% (areia grossa, pó de pedra e o plástico reciclado), a plástico derretido não consegue criar ligações com esse material resultando na falta de coesão ou homogeneidade entre as partículas figura 34.



Figura 34 - Resultado do uso de pó de pedra com uma dimensão maior que 12,5 mm. Fonte: autor, 2022.

4.7.2. Gravidade Específica e Absorção de água em Agregados

Observando as tabelas 10 e 11 correspondentes aos resultados da gravidade específica e absorção de água de pó de pedra e areia grossa respectivamente, nota-se que as gravidades específicas de ambos materiais é maior que 1 g/cm^3 , o que significa que a densidade dos agregados é maior que a da água, e que conseqüentemente eles afundam.

Atendendo ainda as tabelas supracitadas, a absorção de água da areia grossa apresenta um valor relativamente baixo para absorção de água, valor esse que contribuirá positivamente na análise da absorção de água do bloco de plástico reciclado, uma vez que em ambientes submersos, quanto menor a absorção de água dos materiais, melhor é a sua durabilidade. No que diz respeito ao pó de pedra, não se pode dizer a mesma coisa, pois ele apresenta valores altos de absorção de água, mais dentro do normal. Espera-se com isso uma maior contribuição negativa desse agregado no que refere-se a absorção de água do bloco de plástico reciclado.

4.7.3 Dimensão

AMOSTRA	DIMENSÕES EFECTIVAS (cm)				VARIÇÃO EM RELAÇÃO AO BLOCO DE REFERÊNCIA (%)				ÁREA (cm ²)	
	L	C	H	e	ΔL	ΔC	ΔH	Δe	Bruta	Líquida
Ref.	15	40	20	2.5	-	-	-	-	600	150
15% - 30%	15	40	19.8	2.3	0	0	1	-8	600	163.71
10% - 50%	15	40	20	2.5	0	0	0	0	600	150
0% - 35%	15	40	19.7	2.5	0	0	0.3	0	600	150
0% - 50%	15	39.63	20.4	2.6	0	0.93	2	4	594.45	158.1
0% - 65%	14.4	39.3	19.7	2.8	4	1.18	1.5	12	565.92	126.72

Tabela 15 - Resultados das características geométricas dos blocos. Fonte: autor, 2022.

No processo de analisar as variações das dimensões comparativamente ao bloco de referência, observa-se uma ligeira variação na altura destacando se o teor de 10% - 50% de plástico reciclado ($\Delta H = 0\%$), e uma espessura ($\Delta e = 0\%$) para o teor de 0% - 35%. A variação da espessura apresentada pelo teor de 15% - 35% é fora dos limites estabelecidos pela norma (2.5 cm). Essa variação foi causada pelo processo de cura do bloco ao ar livre, dado que o plástico tem tendência a expandir sob altas temperaturas, e a retrair em baixas temperaturas

justificando assim a variação da espessura da parede do bloco, assim como as alturas e larguras. Verifica-se que o uso de plástico influenciou nos valores da área bruta e área líquida dos blocos, sendo que maior variação verificou-se no teor de 0% - 65% de plástico reciclado com 15.52%.

4.7.4 Absorção de água dos blocos de plástico e de Referência

Características	Referência	15% - 30%	10% - 50%	0% - 35%	0% - 50%	0% - 65%
	Média	Média	Média	Média	Média	Média
Massa seca kg	12	11.06	11.2	11.48	10.06	11.21
Massa saturada kg	13.12	11.35	11.39	11.75	11.12	11.22
Absorção (%)	9.33	2.62	1.70	2.35	8.83	0.089

Tabela 16 - Resultados da absorção de água dos blocos. Fonte: autor, 2022.

Analisando os resultados da absorção de água, nota-se que em todos os teores a percentagem da absorção está dentro dos padrões, obedecendo assim a norma NP EN 772-7, em que a absorção de água deve ser menor ou igual a 10%. O destaque vai para o teor de 0% - 65% de plástico reciclado que apresenta absorção de água quase nula, com uma diferença percentual de 99.11% em relação ao traço de referência. Este fenómeno é dado pelo demasiado acréscimo do plástico na composição da mistura, tornando o bloco impermeável. O uso de pó de pedra na composição de mistura para o teor de 0% - 50% de plástico reciclado, contribuiu bastante para o aumento da absorção de água por imersão, aproximando-se ao valor do bloco de referência.

4.7.5 Inspeção visual

No processo de produção dos blocos de plástico reciclado, a inspeção visual foi determinante para aprovação dos blocos com “Bom” estado para os restantes ensaios. Os principais defeitos encontrados nos blocos foram, a porosidade causado pelo agregado pó de pedra para o teor 0% - 50% e fissuras devido a má compactação causada pela variação de energia dos operários. Estes dois defeitos foram classificados como “Mau”, porque as anomalias apresentadas nos blocos eram irreparáveis, figuras 36 e 37.



Figura 35 - Resultado do bloco em estado razoável. Fonte: autor, 2022.



Figura 36 - Resultado do bloco em Mau estado apresentando porosidade. Fonte: autor, 2022.



Figura 37 - Resultado do bloco em Mau estado apresentado rachas. Fonte: autor, 2022.

Verificou-se que os blocos que apresentaram maiores anomalias foram do teor de 0% - 50%, para demais teores de plástico reciclado a inspeção visual observou uma classificação boa e razoável para os blocos dos restantes teores. O plástico quando incinerado, ele produz óleos (combustível) poluentes e de coloração escura, e foi deste jeito que os blocos herdaram a coloração do combustível gerado pela incineração do plástico.

4.7.6 Resistência à compressão.

Realizaram-se os ensaios da resistência à compressão e esforços axiais nos conjuntos das amostras dos cinco traços contendo o plástico reciclado em substituição parcial do cimento, e em traço de bloco de referência. Foram analisados as idades de 35 dias devido aos constrangimentos no decorrer da pesquisa. Desta forma, pode-se encontrar os resultados dos ensaios na Tabela 17.

AMOSTRA	RESISTÊNCIA (MPa)	PESO (kg)	CLASSE
	MÉDIA	MÉDIA	
Ref.	4.82	12.50	B
15% - 30%	3.76	11.06	C
10% - 50%	4.40	11.20	B
0% - 35%	15.36	11.48	A
0% - 50%	4.57	10.06	B
0% - 65%	14.67	11.21	A

Tabela 17 - Resultados da resistência à compressão dos blocos. Fonte: autor, 2022.

Observa-se que a amostra com teor de 0% - 50% de plástico reciclado apresentou uma resistência média levemente inferior à do bloco de referência em uma ordem de até 5.19%. Surpreendentemente para os demais teores de plástico reciclado, a sua resistência média aos esforços axiais subiu bruscamente atingindo até uma ordem de 218.67% e 204.36% para os teores de 0% - 35% e 0% - 65%, respectivamente. Atendendo e analisando o teor de 0% - 50% de plástico reciclado PET comparativamente com os teores de 0% - 35% e 0% - 65% pode se notar que a sua resistência baixou bruscamente devido a falta de homogeneização entre as partículas da composição da mistura precisamente causado pelo agregado pó de pedra, e ainda assim o teor de 50% de plástico reciclado é aceitável para o enquadramento da classe B. Analisando em parte os teores com incorporação parcial do cimento nota-se também que houve um decréscimo da resistência a compressão axial devido a falta da compactibilidade e ou capacidade de liga entre a pasta do plástico derretido e o cimento, isso porque o cimento é um ligante hidráulico e no processo de produção de blocos de plástico não há adição de água. Os blocos de 0% - 35% e 0% - 65% de plástico reciclado fazem parte da classe A.

4.8 Aplicabilidade dos Blocos de plástico reciclado.

Analisado e discutido a aprovação técnica desse tipo de bloco, observou-se que a resistência característica f_{ck} de rotura dos blocos com teor de 0% - 35% e 0% - 65% de plástico, pode ser usado como bloco desempenhando função estrutural devido a sua alta resistência causado pela tardia deformação do plástico, em alvenarias de fundações e paredes externas em zonas costeiras e de nível freático elevados, respeitando aquilo que são as suas categorias de aplicação. Para os restantes blocos de plástico reciclado, apesar da resistência característica f_{ck} ter baixado bruscamente em relação aos teores de 0% - 35% e 0% - 65% de plástico reciclado, eles só podem desempenhar função não estrutural, mas podendo ser usado em elementos de alvenaria acima do nível do solo devido a alta capacidade da absorção de água quando submerso.

CAPÍTULO V – CONCLUSÕES E RECMENDAÇÕES

5.1. Conclusões

Este presente trabalho de pesquisa teve por objectivo analisar o processo de utilização do plástico reciclado em substituição parcial do cimento na produção de blocos de construção. A escolha desse tema foi realizada com base numa problemática observada no território moçambicano, visando o uso de materiais alternativos de modo a mitigar os impactos causados pela salubridade em zonas costeiras e em zonas de nível freático elevado, minimizar o impacto e a protecção do meio ambiente e criar sustentabilidade a população de baixa renda melhorando as suas casas e minimizando a compra de materiais de construção convencionais, e contribuindo na prevenção do meio ambiente e na redução do efeito estufa.

A partir de várias linhas de pensamento de pesquisa em torno deste tema, pode-se concluir a indispensável importância que este estudo trás na sua vasta capacidade de desenvolvimento em inovação de tecnologias neste universo de pesquisa. Denota-se que existe uma preocupação no emprego de soluções alternativas para gerenciar de forma racional os resíduos sólidos que danificam o meio ambiente. Com o novo destino desse resíduo sólido os problemas ambientais podem reduzir em um espaço de tempo relativamente curto.

Quando o assunto é a utilização do plástico na produção dos compostos cimentícios, existem muitas linhas de pesquisa de estudos compreendidos nos capítulos anteriores. Por se tratar de uma nova realidade na área de construção civil, a maior preocupação nos estudos estão em teste laboratoriais para melhor compreender as características mecânicas dos compostos. O uso dessa nova tecnologia na área de construção civil tem-se verificado com maior foco em betões e em argamassas, mostrando assim uma baixa de pesquisa em torno do uso do plástico reciclado para produção de blocos de construção, sendo que este apresenta melhores resultados em termos mecânicos.

Os dados da presente pesquisa validam a hipótese H_1 pois esta pesquisa apresentou bons resultados destacando-se os teores de 0% - 35% e 0% - 65% de plástico reciclado que surpreendentemente a sua resistência característica f_{ck} extrapolou as expectativas numa ordem de até 218.67% para o teor de 0% - 35% de plástico reciclado e 204.36% para o teor de 0% - 65% de plástico reciclado, podendo eles resistir em ambientes agressivos (zonas costeiras e zonas de nível freático elevado) tendendo assim uma vida útil igual ou aproximadamente a do plástico. Refutando as hipóteses H_0 e H_2 uma vez que esperava-se que o aumento da

quantidade do plástico reciclado fosse directamente proporcional a resistência característica do bloco. Observa que, a diferença percentual entre estes dois teores (0% - 35% e 0% - 65%) é de 14.31% ocupando maior percentagem o teor de 0% - 35% de plástico reciclado surpreendentemente, pois neste teor a quantidade do plástico é relativamente menor. No que tange a absorção de água, o bloco de referência apresentou uma percentagem de absorção dentro dos parâmetros normativos assim como os blocos estudados. O bloco com teor de 0% - 65% de plástico reciclado apresentou quase impermeabilidade total devido a maior quantidade de plástico reciclado na composição da mistura (que não deixa escapar água) e apresentou boa resistência ao esforço de compressão axial. A adição parcial do cimento para produção desses blocos é inviável pois esperava-se que com o acréscimo do cimento teria-se uma resistência melhorada mas, por cimento ser um ligante hidráulico e nessa produção não há adição da água na composição da mistura, o cimento acaba desempenhando função de um agregada miúdo.

Este estudo apresenta uma variedade de vantagens que se pode ter com o uso deste novo tipo de tecnologia na área de construção civil, desde a sustentabilidade, protecção da poluição dos solos, empiricamente podem garantir melhor resistência, sujeitos a ambientes agressivos e tendo assim um melhor enquadramento para a sua aplicação. Com o aproveitamento desses resíduos de plásticos de PET e de acordo com os dados do Ministério de Terra e Ambiente, cruzando essas duas premissas pode se concluir que cerca de 60 casas do tipo 2 modernas podem ser construídas por ano na província de Maputo. A nível ambiental haveria diminuição dos entupimentos de valas, diminuição da poluição visual e sem contar com a diminuição do impacto do plástico no ecossistema marinho. Como toda pesquisa, essa também apresenta desvantagem, relativamente ao tempo de produção do bloco, o forno adaptado para incineração e mistura da composição é de quantidades limitadas que foi por sua vez capaz de produzir dois blocos de cada vez, sendo que a produção desses blocos feito por um operador leva cerca de 1h, tempo demais para só produzir dois blocos. Na tentativa de resolver um problema ambiental, foi causado outro durante a produção dos blocos devido a libertação de gases para atmosfera sem um controlo de fumaça no processo de incineração para o derretimento do plástico e no processo de mistura dos materiais.

5.2. Recomendações Para Trabalhos Futuros

O presente trabalho de investigação, contribuiu para sanar algumas brechas no que concerne a utilização de plástico reciclado em substituição parcial do cimento na produção de blocos de construção. Os avanços encontram-se no campo da produção do bloco em que apenas com dois materiais (Plástico e areia) se foi capaz de criar um elemento construtivo e com bom comportamento mecânico.

Entende-se que ainda há tamanha necessidade de se estudar e aprofundar diversos temas que estejam relacionados com esse assunto. No entanto, abaixo se pode encontrar algumas recomendações e linhas de investigação que apresentaram brechas de experiência encontradas e que perfazem as conclusões desta pesquisa.

- Investigar e estudar a deformação dos blocos de plástico reciclado em substituição de cimento nos teores 0% - 35% e 0% - 65%;
- Estudar teores abaixo de 0% - 50% de plástico reciclado de modo a obter resistência consoante as classe descartando o uso de pó de pedra;
- Fazer ensaios de exposição a ambientes agressivos e de durabilidade de blocos produzidos com resíduos plásticos;
- Investigar a viabilidade financeira para produção dos blocos de plástico reciclado em substituição de cimento;
- Equipamentos/máquina para produção em larga escala (Rhino 2021):
 - a) Trituradora de plásticos – para triturar o plástico até uma granulometria desejada para facilitar e reduzir o tempo do derretimento;
 - b) Extrusora – máquina que facilidade o processo de aquecimento/derretimento do plástico e mistura dos materiais. NB: é preciso reconhecer que sem essa máquina o processo de produção de blocos de plástico reciclado é inviável;
 - c) Painel eléctrico – este equipamento serve para o controle de dados;
 - d) Controle de fumaça – para mitigar a poluição dentro dos seus limites;
 - e) Prensa – para a compactação dos blocos;
 - f) Moldes – para obter o formato e tamanho do bloco desejado.

5.3. Referências bibliográficas

- Andrade, C.T.; Coutinho, F.M.B.; Dias, M.L.; Lucas, E.F.; Oliveira, C.M.F. e Tabak, D. (2001). *Dicionário de polímeros*. Rio de Janeiro: Editora Interciência;
- De Almeida, L. D. de Fátima, N. B. M. & Moreira, B. (2015). *Reciclagem: O Caminho para o Desenvolvimento Sustentável*. *Polêmica*, 15(2), 023-234; doi: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/17838>;
- Estender, A. C. & Pitta, T. de T. M. (2007). *O Conceito do Desenvolvimento Sustentável*. *Revista Terceiro Setor*. v.2, nº 1. Consultado à 24 de agosto de 2022, disponível em: <http://revistas.ung.br/index.php/3setor/article/viewFile/399/484>;
- Gil, A. (2002) *Como elaborar projectos de pesquisa*. (4ª ed.). Atlas: São Paulo.
- Gil, A. C. (1999). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. (5ª ed.). São Paulo: Atlas;
- Gil, A. C. (1996). *Como elaborar Projectos de Pesquisa*. (3ª ed.). São Paulo: Atlas;
- Lakatos, E. M. & Marconi, M. A. (2003). *Fundamentos metodologia científica*. (5ª ed.). São Paulo: Atlas;
- J.S Brazão Farinha, A. Correia dos Reis (1993). *Tabelas Técnicas*.
- AKCAOZOĞLU, Semiha; ATIŞ, Cengiz Duran; AKCAOZOĞLU, Kubilay - *An investigation on the use of shredded waste PET bottles as aggregate in lightweight concrete*. *Waste Management*.
- LEONARDO LIBANO CSERNIK MONTEIRO (2017), *Uso de Resíduos de Embalagens PET em Betões* em: Mestre em Engenharia Civil – Ramo de Construções
- Laville, C.; Dionne, J. (1999). *A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas*. Belo Horizonte: UFMG;
- Lucas, E.F.; Soares, B.G. & Monteiro, E. (2001). *Caracterização de polímeros*. Rio de Janeiro: E-Papers;
- CANELLAS, Susan S. - *Reciclagem de PET, visando a substituição de agregado miúdo em argamassa*. Rio de Janeiro. Brasil: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2005 Mestrado.
- HANNAWI, Kinda; KAMALI-BERNARD, Siham; PRINCE, William - *Physical and mechanical properties of mortars containing PET and PC waste aggregates*. *Waste Management*.
- Mano, E.B. & Mendes, L.C. (1999). *Introdução a polímeros*. (2ª ed.). São Paulo: Edgard Blucher;

- BARRETO, J.M.L.; COSTA, H.N.; CÂNDIDO, L.F. revista *Matéria*, v.24, n.2, 2019 - *Analysis of physical and mechanical properties of pressed concrete blocks without structural purposes with additions of recycled PET*
- Moraes, D. (2012). *Gestão Ambiental*. Consultado à 25 de agosto de 2022: disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAMbwAK/gestaoambiental#.>>;
- Oliveira, C. A. D. de & Costa, S. C. da S. (2010). *Projeto Cidadão. O Lixo Agora é Problema de Todos*. Consultado à 22 de agosto de 2022, disponível em: <http://cpsustentaveis.planejamento.gov.br/assets/conteudo/uploads/responsabilidadecompartilhada.pdf>;
- Soares, J. C. (1995). *Metodologia e controle qualitativo e quantitativo de serviços da Construção Civil- Um estudo de caso*;
- Triviños, A. N. S. (1987). *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. São Paulo: Atlas;
- Vergara, S. C. (2000) *Projetos e relatórios de pesquisa em administração*. (3ª ed.). Rio de Janeiro: Atlas.
- Normas NP EN.

5.4. Webgrafia

- Cepis. (2004): consultado à 25 de agosto de 2022, disponível em: <http://www.cepis.ops-oms.org/muwwww/fulltext/repind59/qsp/qsp.html>
- Moraes, D. (2012). *Gestão Ambiental*. Consultado à 25 de agosto de 2022: disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAMbwAK/gestaoambiental#>.
- <https://piramidesc.com.br/bloco-de-concreto/os-tipos-de-blocos-de-concreto-e-suas-aplicacoes/>
- <https://www.portalsaofrancisco.com.br/fisica/gravidade-especifica>
- <https://www.cimentoverdedobrasil.com.br/o-que-e-cimento/>
- <https://pt.wikipedia.org/wiki/Termoplástico>
- <https://pt.wikipedia.org>
- <https://engenharia360.com/como-sao-feitas-as-garrafas-pet/>
- <https://mta.gov.mz/ambiente/gestao-de-residuos-solidos/>
- <https://www.ensingerplastics.com/pt-br/semiacabados/plasticos-de-engenharia/poliester-pet>
- <http://altavista.com>
- <http://webcrawler.com>
- <http://www.search.com>
- <http://www.lycos.com>