



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTAO AMBIENTAL**

ANA MIRELLA CAVALCANTI FAUSTINO

**USO DE EMBALAGENS DE AGROTÓXICO NA PRODUÇÃO DE BLOCOS PARA
ALVENARIA DE VEDAÇÃO: SUBSÍDIO PARA A GESTÃO AMBIENTAL**

Recife, 2023

ANA MIRELLA CAVALCANTI FAUSTINO

**USO DE EMBALAGENS DE AGROTÓXICO NA PRODUÇÃO DE BLOCOS PARA
ALVENARIA DE VEDAÇÃO: SUBSÍDIO PARA A GESTÃO AMBIENTAL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.

Profa. Dr^a Renata Maria Caminha Mendes de Oliveira Carvalho.
Orientadora

Prof. Dr. Hernande Pereira da Silva.
Co-orientador

Recife, 2023

F268u

Faustino, Ana Mirella Cavalcanti.

Uso de embalagens de agrotóxico na produção de blocos para alvenaria de vedação: subsídio para gestão ambiental. / Ana Mirella Cavalcanti Faustino. – Recife, PE: A autora, 2023.

61 f.: color. ; il. ; 30 cm.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Renata Maria C. M. de Oliveira Carvalho.

Coorientador: Prof. Dr. Hernande Pereira da Silva.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE, Campus Recife, Coordenação de Pós-Graduação - Mestrado Profissional em Gestão Ambiental, 2023.

Inclui referências e apêndices.

1. Construção Sustentável. 2. Resíduo Tóxico. 3. Gestão Ambiental. I. Carvalho, Renata Maria C. M. de Oliveira. (Orientadora). II. Silva, Hernande Pereira da. (Coorientador). III. Título.

693.15

CDD (22 Ed.)

ANA MIRELLA CAVALCANTI FAUSTINO

**USO DE EMBALAGENS DE AGROTÓXICO NA PRODUÇÃO DE BLOCOS PARA
ALVENARIA DE VEDAÇÃO: SUBSÍDIO PARA A GESTÃO AMBIENTAL**

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco como parte integrante dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental.

Data da aprovação: ____ / ____ / ____

BANCA EXAMINADORA

Profª. Dra Renata Maria Caminha Mendes de Oliveira Carvalho.
Orientadora – IFPE

Prof. Dr Hernande Pereira da Silva.
Co-orientador – IFPE

Profª. Dra. Rogéria Mendes do Nascimento.
Examinador Interno – IFPE

Prof. Dr. João Manoel de Freitas Mota.
Examinador Externo – IFPE

Recife, 2023

APRESENTAÇÃO

A autora é graduada em Engenharia Civil pelo Instituto Federal de Pernambuco – Campus Recife (2021), possui pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Cândido Mendes (2022). Há dez anos é funcionária do Centro de Abastecimento e Logística de Pernambuco CEASA/PE, onde atualmente desempenha função como Engenheira Civil no Departamento de Engenharia. Possui experiência em Segurança do Trabalho, Gestão Ambiental e Manutenção Predial, trabalhos desempenhados com técnica em edificações e Engenharia Civil.

Ademais, a pesquisadora está em constante transformação refletindo cuidadosamente sobre sua ciência e área de estudo por meio da pesquisa, problematização, metodologia e aplicação de sua prática no ambiente construtivo em que está inserido. Desta forma a respeito desta pesquisa que visa identificar alternativa sustentável para uso de embalagens de agrotóxico rígidas vazias tríplices lavadas de forma a produzir bloco de concreto para alvenaria de vedação, este tema representa uma tentativa de analisar como o mercado construtivo vem se adaptando com as novas tecnologias sustentáveis, novos métodos e os novos materiais da obra dentro da sua rotina de trabalho.

Neste sentido, como atividade prática desenvolvida pela autora este estudo teve o objetivo de ampliar o conhecimento nas pesquisas científicas acerca dos aspectos relacionados às alternativas sustentáveis para uso de embalagens de agrotóxico rígidas vazias de forma a produzir bloco de concreto para alvenaria de vedação, apresenta uma oportunidade de análise que parte do princípio da engenharia civil relacionado aos aspectos da sustentabilidade e das construções habitacionais.

Essa pesquisa foi viabilizada através da aplicação dos conhecimentos adquiridos durante o curso de Mestrado em Gestão Ambiental, que se encontra intrinsecamente ligado ao conceito de desenvolvimento sustentável. O Mestrado em Gestão Ambiental tem como principal propósito preparar profissionais para abordar questões ambientais de maneira a promover o equilíbrio entre o crescimento econômico, a preservação dos recursos naturais e a proteção do meio ambiente.

A Deus, por todas as benções imerecidas
A minha mãe, pelo amor e apoio incondicional.
Ao meu pai, pelo exemplo e o meu maior impulsionador.
Ao meu irmão, cunhada e sobrinhos, pelo suporte de sempre.
Ao meu marido, pelo carinho e cuidado.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero expressar minha gratidão a Deus, pelas oportunidades que me tens concedido. Cada conquista, cada desafio superado, é um lembrete de tua presença e direcionamento em minha vida;

Ao Instituto Federal de Pernambuco (IFPE), destacando-se todos os profissionais que compõem o Mestrado Profissional em Gestão Ambiental;

À professora Dra Renata Carvalho e ao professor Dr Hernande Pereira da Silva, pelas orientações e carinho durante a minha trajetória no mestrado;

A todo corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental do ano de 2022, em especial Profa Dra Rogéria Mendes, Profa Dra Sofia Brandão, Profa Dra Marília Lyra e a Marcus Bernardo, que sempre se fizeram presentes e empenhados em ajudar a todos nessa jornada acadêmica.

Ao corpo discente, que compõe a turma ingressa no ano de 2022, pelo suporte e ajuda que foram de extrema importância para essa conquista, em especial Fred Barbosa, Karen Cândido e Diego Eric.

Ao CEASA/PE, em especial ao Gerente Flávio Falcão e Diretor Paulo de Tarso, pelo apoio e deliberações;

Ao JR Agropecuária Ltda, em especial na pessoa do Dr João Bosco de França, pelo apoio e contribuição para o desenvolvimento dessa pesquisa;

A minha amada mãe, Maria da Conceição Faustino por tudo, tal qual palavras não seriam capazes de expressar tamanha gratidão. Ao meu pai, Ronaldo Faustino meu exemplo de pai, professor e pastor, o maior impulsionador dos meus objetivos. Ao meu querido irmão (Otávio Wesley Faustino) e sua família (Sarah, Joaquim, Carolina e Mateus), por sempre estarem comigo em qualquer circunstância, orando e me incentivando. A Jonatan Fría, meu marido, pelo carinho, cuidado e dedicação nos momentos finais dessa tão especial trajetória;

Aos meus amigos e familiares, em especial Beatriz Andrade, pelo incentivo, companheirismo, e compreensão, bem como os que me contribuíram no desenvolvimento deste trabalho.

Obrigada a todos que direta e indiretamente contribuíram com esta conquista.

RESUMO

A gestão de resíduos sólidos, especialmente aqueles com alto potencial tóxico, como embalagens de agrotóxicos, é um desafio global. No Brasil, a Lei nº 12.305/2010 estabeleceu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), abordando a questão da gestão desses resíduos. A Lei Federal nº 7.802/1989 também definiu princípios para a destinação adequada das embalagens vazias de agrotóxicos, com responsabilidades compartilhadas entre os diversos agentes da produção agrícola. No entanto, cumprir essas leis implica custos operacionais substanciais para as empresas, como evidenciado no caso da organização Campo Limpo, que se trata do programa brasileiro de logística reversa de embalagens vazias de agrotóxicos no qual o inpeV (Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias) administra, que relatou um gasto próximo a 162 milhões. Portanto o objetivo desse trabalho foi produzir blocos para alvenaria de vedação com uso de embalagens de agrotóxico rígidas vazias triplíceis lavadas. Para alcançar esse objetivo, foi necessário coletar embalagens vazias de agrotóxicos de 1 litro nas unidades de recebimento do Sistema Campo Limpo. Em seguida, foram desenvolvidos blocos de concreto prismáticos incorporando essas embalagens de agrotóxicos. Após a fabricação dos blocos, foram conduzidos ensaios em laboratório para avaliar a resistência à compressão axial e a absorção de água conforme estabelece a ABNT NBR 12118/2013 e caracterizou os blocos quanto aos resultados obtidos nos ensaios de acordo com a ABNT NBR 6136/2016, avaliou sua viabilidade técnica e ambiental da produção de blocos para alvenaria de vedação a partir dos resultados dos ensaios e propondo uma alternativa para gestão local pelas unidades de recebimentos do Sistema Campo Limpo para as embalagens de agrotóxico na tentativa de diminuir o custo da logística reversa. Infere-se dos resultados que a melhor característica mecânica quanto a resistência à compressão foi de 6,38 MPa classificando o bloco pela NBR 6136/2016 na categoria B, bloco estrutural, além disto todos os outros resultados classificam o bloco como apto em todos os parâmetros exigidos pela norma técnica. De acordo com os resultados, temos uma alternativa para gestão local pelas unidades de recebimentos do Sistema Campo Limpo para as embalagens de agrotóxico de 1 litro, na tentativa de diminuir o custo da logística reversa, além de contribuir com a sustentabilidade e o meio ambiente.

Palavras-chave: Resíduos Tóxico; Reaproveitamento, Blocos de vedação sustentável; Construção sustentável.

ABSTRACT

Solid waste management, especially that of those with high toxic potential such as pesticide packaging, is a global challenge. In Brazil, Law No. 12.305/2010 established the National Solid Waste Policy (PNRS), addressing the issue of managing such waste. Federal Law No. 7.802/1989 also outlined principles for the proper disposal of empty pesticide containers, with shared responsibilities among various agents in agricultural production. However, complying with these laws implies substantial operational costs for companies, as evidenced in the case of the Campo Limpo organization, which is the Brazilian program for reverse logistics of empty pesticide containers managed by inpEV (National Institute for Processing Empty Packaging), reporting an expenditure close to 162 million. Therefore, the objective of this work was to produce masonry blocks for sealing using washed empty rigid triple pesticide containers. To achieve this goal, it was necessary to collect empty 1-liter pesticide containers from the collection units of the Campo Limpo System. Subsequently, prismatic concrete blocks were developed incorporating these pesticide containers. After the blocks were manufactured, laboratory tests were conducted to evaluate axial compressive strength and water absorption as established by ABNT NBR 12118/2013, characterizing the blocks based on the test results in accordance with ABNT NBR 6136/2016, assessing their technical and environmental feasibility in the production of masonry blocks for sealing based on the test results, and proposing an alternative for local management by the collection units of the Campo Limpo System for pesticide containers in an attempt to reduce the cost of reverse logistics. It can be inferred from the results that the best mechanical characteristic in terms of compressive strength was 6.38 MPa, classifying the block according to NBR 6136/2016 in category B, as a structural block. Furthermore, all other results classify the block as suitable in all parameters required by the technical standard. According to the results, we have an alternative for local management by the collection units of the Campo Limpo System for 1-liter pesticide containers, to reduce the cost of reverse logistics, in addition to contributing to sustainability and the environment.

Keywords: Toxic Waste; Reuse, Sustainable sealing blocks; Sustainable construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Paineis de Informações sobre a Comercialização de Agrotóxicos e Afins no Brasil (série histórica 2009 – 2021)	17
Figura 2 - Responsabilidade Compartilhada Sistema inpEV	20
Figura 3 - Processo de tríplice lavagem.....	22
Figura 4 - Fluxograma das atividades gerenciadas pelo Sistema Campo Limpo.....	24
Figura 5 - Localização das unidades de recebimento do Sistema Campo Limpo inpEV em Pernambuco.	25
Figura 6 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.	27
Figura 7 - Produtos fabricados a partir da reciclagem de embalagens vazias de agrotóxico pelo InpEV.	30
Figura 8 - Bloco de concreto vazado simples – NBR 6136/2016.	31
Figura 9 - Gráfico comparativo de resistência à compressão com uso de garrafas PET.....	35
Figura 10 - Gráfico comparativo de resistência à compressão axial média=desvio padrão dos CPs em função do traço e da idade.....	36
Figura 11 - Embalagem de agrotóxico rígida vazia capacidade de 1L submetidas a tríplices lavagens	38
Figura 12 - Gráfico relação água/cimento x resistência	40
Figura 13 - Mistura dos elementos constituintes dos blocos.....	40
Figura 14 - Fôrmas de madeira plastificada e untadas com óleo mineral	41
Figura 15 - Dimensões internas do bloco de concreto.	41
Figura 16 - Preenchimento dos blocos de concreto.....	42
Figura 17 - Preenchimento dos blocos de concreto.....	44
Figura 18 - Blocos de concreto em ensaio de absorção.....	45
Figura 19 - Blocos de concreto na submersos em água.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dimensões nominais – NBR 6136/2016.	31
Tabela 2 - Designação por classe, largura dos blocos e espessura mínima das paredes dos blocos.....	32
Tabela 3 - Requisitos para resistência característica à compressão, absorção e retração – NBR 6136/2016.	33
Tabela 4 - Tabela com os resultados da resistência à compressão dos blocos, em que CV é o coeficiente de variação.	34
Tabela 5 - Traços das famílias estudadas.	40
Tabela 6 - Ensaio de resistência à compressão bloco de concreto Família T1.	48
Tabela 7 - Ensaio de resistência à compressão bloco de concreto Família T2.	48
Tabela 8 - Relação comparativa entre os resultados obtidos e a relação água cimento.	49
Tabela 9 - Ensaio de absorção blocos de concreto	51
Tabela 10 - Quantidade dos componentes do concreto fresco para produção dos blocos.....	52
Tabela 11- Custo para execução de 1m ² de alvenaria de vedação de blocos de concreto com incorporação de embalagens vazias de agrotóxico de 1l.	53
Tabela 12– Custo para execução de 1m ² de alvenaria de vedação de blocos de concreto tradicional com dimensões 19X19X39 cm (espessura 19 cm).....	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A/C	Relação Água Cimento
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACAVASF	Associação do Comércio Agropecuário do Vale do São Francisco.
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
ARPAN	Assoc. dos Revendedores dos Produtos Agropecuários do Nordeste
BREEAM	<i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method</i>
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FSC	<i>Forest Stewardship Council</i>
HVAC	<i>Heating, Ventilation and Air Conditioning</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.
IFPE	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco
INPEV	Instituto Nacional de Processamento de embalagens vazias
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
NBR	Norma Brasileira
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PET	Polietileno Tereftalato
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RCD	Resíduos de construção e demolição
RSU	Resíduos sólidos urbanos (RSU)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.2	OBJETIVOS	14
1.2.1	Objetivo geral	14
1.2.2	Objetivos específicos.....	15
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	16
2.1	GESTÃO DOS AGROTÓXICOS NO BRASIL	16
2.1.1	Destinação final de embalagens vazias de agrotóxico	17
2.1.2	Tríplice lavagem	20
2.1.3	Logística reversa e os custos ambientais da logística reversa do INPEV	22
2.2	SUSTENTABILIDADE E A CONSTRUÇÃO CIVIL	26
2.3	BLOCO DE CONCRETO PARA ALVENARIA DE VEDAÇÃO	30
2.3.1	Bloco de concreto com uso de material reciclado	33
2.3.2	Blocos de concreto com uso de Polietileno Tereftalato (PET)	34
4	MATERIAS E MÉTODOS	37
4.1	MATERIAIS	37
4.1.1	Embalagens de agrotóxico tríplice lavadas.	37
4.1.2	Cimento Portland.....	38
4.1.3	Agregados	38
4.1.4	Forma de madeira	39
4.2	PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS.....	39
4.2.1	Produção dos blocos, moldagem e cura.....	39
4.2.2	Ensaio laboratoriais.....	42
4.2.2.1	Ensaio de resistência à compressão axial	43
4.2.2.1	Ensaio de Absorção	44
4.2.3	Análise de resultados obtidos	46
4.2.4	Análise econômica para produção dos blocos	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4.1	Ensaio de resistência à compressão axial.....	48
4.2	Ensaio de absorção	50
4.3	Análise econômica para produção dos blocos.	52
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
	REFERÊNCIAS.....	60

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a gestão dos resíduos sólidos tem-se constituído em um desafio global. No Brasil, a Lei nº 12.305/2010 (Brasil, 2010), instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a problemática é ainda mais desafiadora quando se trata da gestão de resíduos com alto potencial tóxico, como por exemplo, os dejetos provenientes do uso de agrotóxico, em particular as embalagens de agrotóxico após o uso. Diante dessa complexidade foi sancionada a Lei Federal nº 7.802 de 11 de julho de 1989 (modificada na Lei nº 9.974/00) em cumprimento ao decreto 4.074/02, que estabeleceu os princípios para o manejo e a destinação ambientalmente correta das embalagens vazias de agrotóxico a partir de responsabilidades compartilhadas entre todos os agentes da produção agrícola – agricultores, canais de distribuição e cooperativas, indústria e poder público.

Para ensejar o cumprimento dessa Lei (do decreto 4.074, 2002) foi criado o Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (inpEV), que consiste em uma entidade sem fins lucrativos concebida por fabricantes de agrotóxico, com o objetivo de viabilizar a correta destinação das embalagens vazias de seus produtos. Está sediado em São Paulo e integra o Sistema Campo Limpo, no qual atua como centro de inteligência e é responsável pela operacionalização da Logística Reversa das embalagens em todo o país. Sua criação atende às determinações da Lei federal nº 9.974/2000. Esse sistema dispõe de 99 centrais de recebimento e 312 postos de recebimento, em Pernambuco é contemplado com apenas duas unidades de recebimento, instalados nos municípios de Carpina e Petrolina, localizados a 57 km e 713 km respectivamente do Recife, capital pernambucana.

O custo operacional do Sistema Campo Limpo é altíssimo, segundo último relatório publicado pela inpEV, em 2021, o valor se aproximou dos 162 milhões de reais, no intuito de minimizar as despesas, o Instituto firmou convênios com as empresas recicladoras referentes a serviços de cooperação técnica e operacional na área de reciclagem de resíduos plásticos. Esses serviços consistem em desenvolvimento, treinamentos e estudos de melhorias das etapas do processo de reciclagem. Como resultado desses convênios, o Instituto registrou uma receita em 2020 no montante de R\$ 17.615 (INPEV, 2021), esses resultados demonstram que estudos voltados à reutilização dessas embalagens de agrotóxico podem contribuir substancialmente com a redução do alto custo da Logística Reversa como também uma destinação mais nobre dessas embalagens, assim como despertar o interesse cada vez mais por esse tipo de material reciclado.

Ainda nesta análise da sustentabilidade, temos a construção civil como um setor de grande relevância para sociedade, é uma força motriz que impulsiona o desenvolvimento econômico, social e ambiental. Ela molda o ambiente construído em que vivemos e desempenha um papel central na melhoria da qualidade de vida das pessoas. O que a torna um setor que contribui substancialmente com cumprimento da Agenda 2030 e o alcance dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), que consiste em um plano de ação global para erradicar pobreza extrema e a fome, fornecer educação de qualidade ao longo da vida para todos, proteger o planeta e promover sociedades pacíficas e inclusivas, com essa finalidade foram estabelecidos objetivos, que totalizam em 17 objetivos ambiciosos e interconectados, desdobrados em 169 metas a serem atingidos até 2030.

Na busca por construções mais sustentáveis, com uso de tecnologias alternativas, métodos construtivos e uso de materiais reciclados a fim de reduzir do consumo de matéria prima, contribui diretamente ao ODS 12, que tende a produção e o consumo sustentáveis, com foco em ações globais e locais, par alcançar o uso eficiente de recursos naturais.

Seguindo por essa ideia, estudos voltados para uso de material reciclável, como alternativa para gestão de resíduos sólidos, como por exemplo, garrafa tipo PET, demonstram resultados satisfatórios quanto à possibilidade de reutilização desses materiais para fabricação de bloco para alvenaria de vedação, sem causar danos à funcionalidade e parâmetros estabelecidos em norma, especificamente a NBR 6136 (ABNT, 2016), que estabelece requisitos para o recebimento de blocos vazados de concreto simples, destinados à execução de alvenaria com ou sem função estrutural.

O gerenciamento responsável dos resíduos sólidos gerados, sejam eles industriais, comerciais, domésticos ou provenientes da construção civil, tem sido um desafio para a gestão pública no Brasil, uma vez que a sua inadequada destinação causa sérios problemas como a degradação do meio ambiente, contaminação de solo, rios e mares, destruição da fauna e flora risco a saúde humana. Diante disso o objetivo desse trabalho é produzir bloco para alvenaria de vedação com uso de embalagens de agrotóxico rígidas vazias tríplices lavadas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Identificar alternativa sustentável para uso de embalagens de agrotóxico rígidas vazias tríplices lavadas de forma a produzir bloco de concreto para alvenaria de vedação.

1.2.2 Objetivos específicos

- Coletar embalagens vazias tríplices lavadas de agrotóxico de 1 litro nas unidades de recebimento do Sistema Campo Limpos;
- Desenvolver blocos de concreto prismáticos com a incorporação de embalagens de agrotóxico vazias de 1 litro;
- Realizar ensaios de resistência à compressão axial e absorção de água conforme estabelece a ABNT NBR 12118/2013;
- Caracterizar os blocos quanto aos resultados obtidos nos ensaios de resistência á compressão axial e absorção de água de acordo com a ABNT NBR 6136/2016;
- Avaliar a viabilidade técnica e ambiental da produção de blocos para alvenaria de vedação a partir dos resultados dos ensaios;
- Propor uma alternativa para gestão local pelas unidades de recebimentos do Sistema Campo Limpo para as embalagens de agrotóxico de litro na tentativa de diminuir o custo da logística reversa.

2 REVISÃO DA LITERATURA

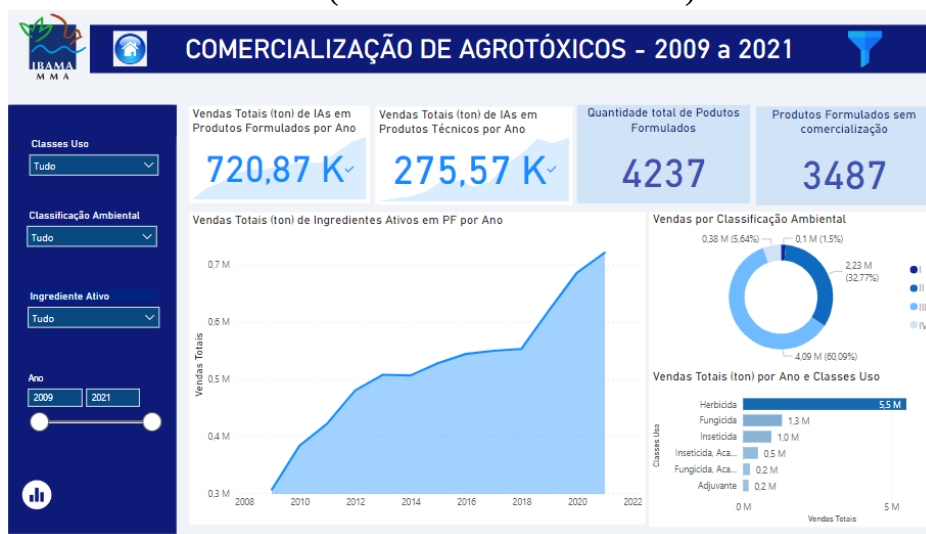
Partindo do princípio da problemática da gestão dos agrotóxicos no Brasil, e a sua destinação final das embalagens vazias, em sequência abordou-se sobre a temática da sustentabilidade e a construção civil, foi delineado para uma abordagem sobre blocos de concreto sustentável.

2.1 GESTÃO DOS AGROTÓXICOS NO BRASIL

Diante ao crescimento populacional, a procura por mais ofertas de alimentos vem seguindo proporcionalmente esse crescimento, o que impulsiona a agricultura a devolver novos métodos e tecnologias para suprir essa nova demanda. Os agrotóxicos estão entre os principais insumos voltados para o aumento da produtividade e lucro. Os agrotóxicos são produtos químicos sintéticos usados para eliminar insetos, larvas, fungos, carrapatos sob a justificativa de controlar as doenças nas plantas provocadas por esses vetores e de regular o crescimento da vegetação, tanto no ambiente rural quanto urbano (Nascimento, 2013; Rolim, 2018).

Nos últimos anos, a América Latina passou a ser uma das principais regiões associadas ao consumo mundial de agrotóxicos (Rossetti *et al.*, 2020). O Brasil tornou-se um dos maiores produtores de alimento do mundo, convertendo o setor primário como uma das principais bases de sua economia (Oliveira *et al.*, 2018). Assim, diante da necessidade de atender a alta demanda de exportação e produtividade, o Brasil, passou a ocupar o terceiro lugar no ranking de utilização de agrotóxico, ficando atrás dos Estados Unidos e da China (Botelho *et al.*, 2020;), o que pode ser observado o gráfico de evolução (Figura 1) de comercialização de agrotóxico dos anos 2009 a 2021 elaborado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

Figura 1 - Painel de Informações sobre a Comercialização de Agrotóxicos e Afins no Brasil (série histórica 2009 – 2021)



Fonte: IBAMA (2023)

Há cerca de sete décadas os agrotóxicos têm sido objeto de muitas reflexões devido às suas propriedades deletérias que afetam o meio ambiente e a saúde humana, devido à sua comprovada contaminação substancial do solo, água, ar, organismos vivos e culturas pulverizadas. Os efeitos nocivos comprovados sobre os seres humanos é a mutação genética na formação dos sistemas endócrino, reprodutivo, nervoso, imunológico e outros no embrião/feto. A gestão dos resíduos provenientes das embalagens de agrotóxico é bastante desafiadora, considerando a toxicidade desse material (Quental, 2020).

O aumento do uso de agrotóxicos resultou, em 2021, 53.573 toneladas, superando a meta inicialmente projetada para o período (53 mil toneladas). O resultado foi 7% mais alto que o registrado em 2020. (INPEV, 2022), do modo como é regulamentada pelo no Art 33 da Lei 12.305 de agosto de 2010 que institui a logística reversa. (Quental, 2020). A demais a Lei 7.802 de junho de 1989 determina que as embalagens de agrotóxico submetam-se ao processo de triplice lavagem ou tecnologia equivalente, procedimentos para a devolução, destinação, transporte, reciclagem, reutilização e inutilização das embalagens vazias e efeitos sobre o meio ambiente decorrentes da destinação inadequada dos recipientes. (Brasil, 2010).

2.1.1 Destinação final de embalagens vazias de agrotóxico

Um dos maiores desafios da sociedade moderna é equacionar a geração excessiva e da disposição final de maneira sustentável dos resíduos sólidos, devido ao crescimento de população acarretando o aumento de produção de resíduos, a má gestão e falta de áreas para

uma disposição final controlada, vem demonstrando uma preocupação mundial. Góes (2012) afirma que os resíduos sólidos passaram a ser vistos como agravantes das mudanças nos padrões de consumo, no desenvolvimento industrial e no progresso tecnológico, provocando mudanças na composição e na quantidade de resíduos produzidos.

A gestão sustentável de resíduos sólidos foi incorporada a novas prioridades, representando uma mudança de paradigma que orienta a ação do governo, da sociedade e da indústria, tendo sido necessários 20 anos de tramitações no Congresso Nacional para que se obtivesse uma lei a respeito dos resíduos sólidos de amplitude nacional, que contribuísse para avanço necessário ao país no enfrentamento dos graves problemas ambientais, sociais e econômicos relacionados a gestão inadequada dos resíduos sólidos (Paiva, 2016).

No Brasil, a Lei nº 12.305/2010 (Brasil, 2010), instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) regulamentada pelo Decreto Federal nº 7.404/2010, o marco legal para a gestão de resíduos sólidos no país. O PNRS reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, integrando-se com as demais políticas nacionais: Política Nacional de Meio Ambiente (Lei 6.938/81), Política Nacional de Educação Ambiental (Lei 9.795/99) e a de Saneamento Básico (Lei 11.445/07). Essas leis marcaram o início de uma importante articulação institucional englobando os três entes federados do poder público – União, Estados e Municípios, que em conjunto com o setor produtivo e a sociedade, busca soluções para os preocupantes problemas causados pelos resíduos sólidos. (Lavnitcki *et.al* 2018).

De acordo com as regulamentações exigidas pela PNRS, fica proibida a disposição dos resíduos a céu aberto, estando a técnica de lixões, aterros controlados e vazadouros a céu aberto como formas ilegais de disposição final de resíduos, aliás, trona-se uma condutas criminosa o abandono ou tratamento inadequado de produtos ou substâncias tóxicas perigosas, ou que façam mal à saúde humana ou ao meio ambiente, independente da sua origem ou periculosidade não podem ser despejados em corpos hídricos, queimados a céu aberto ou em recipientes sem autorização por órgão competente (Brasil, 2010).

Diante disso, a destinação final das embalagens vazias de agrotóxicos é um processo complexo no qual estão efetivamente envolvidos todos os envolvidos na fabricação, comercialização, uso, licenciamento, fiscalização, manuseio, transporte, armazenamento e fiscalização das atividades relacionadas ao processamento das embalagens.

O risco potencial de contaminação das embalagens de agrotóxicos, quando descartadas de forma inadequada podem ocasionar graves impactos ambientais, para a saúde tanto dos animais e principalmente para a saúde humana, de forma direta e indiretamente, devido à alta

toxicidade das embalagens mesmo estando vazias após o uso. O solo carregado pela água da chuva carrega resíduos de agrotóxicos para rios, lagos e represas, colocando em risco a flora e a fauna aquáticas, além de prejudicar a água captada para abastecimento (Ramos, 2016). Já os problemas provocados por resíduos de agrotóxicos na saúde humana podem provocar desde dores de cabeça, náuseas até lesões renais, cânceres, alterações genéticas, doença de Parkinson, inclusive causar o óbito. (Paiva, 2016).

Diante desta realidade e a fim de normalizar, o poder público vem trabalhando, durante vários anos em conjunto com a iniciativa privada em um programa nacional para o destino final das embalagens, com legislações e normativas que regulamenta o descarte correto das embalagens de agrotóxicos. Segundo o Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (INPEV, 2013), essas legislações são:

- Lei Federal nº 7.802 de 11 de julho de 1989 (modificada na Lei nº 9.974/2000), são regidos por essa Lei, a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins.
- ABNT NBR 13.968 de 1997, estabelece os procedimentos para a adequada lavagem de embalagens rígidas vazias de agrotóxicos que contiveram formulações miscíveis ou dispersáveis em água, classificadas como embalagens não-perigosas, para fins de manuseio, transporte e armazenagem.
- ABNT NBR 14.719 de 2001, estabelece os procedimentos para destinação final das embalagens rígidas, usadas, vazias, adequadamente lavadas.
- Resolução nº. 334/2003 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que dispõe sobre os procedimentos de licenciamento ambiental de estabelecimentos destinados ao recebimento de embalagens vazias de agrotóxicos.
- ABNT NBR 14.935 de 2003, estabelece os procedimentos para a correta e segura destinação final das embalagens de agrotóxicos vazias, não laváveis, não lavadas, mal lavadas, contaminadas ou não, rígidas ou flexíveis.
- Resolução nº 420/2004 da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), no qual descaracteriza embalagens vazias de agrotóxicos como resíduo perigoso para efeito de transporte em todo o país, desde que submetidas a processos de lavagem.

Tais normativas, resumidamente, definem três principais responsáveis pela destinação final das embalagens de agrotóxico, os usuários dos agrotóxicos, os revendedores e os fabricantes, conforme indicada na figura 2. Os usuários do produto têm como responsabilidade, quando as embalagens forem classificadas como laváveis, submetê-las ao processo de Tríplice Lavagem e devolvê-las para o ponto de coleta, que por sua vez deverá ser informado, pelos revendedores dos agrotóxico, tanto quanto ao procedimento, quanto ao local de entrega das embalagens tríplice lavadas. Quanto a responsabilidade do fabricante, deve providenciar o recolhimento, a reciclagem ou a destruição das embalagens vazias devolvidas às unidades de recebimento em, no máximo, um ano, a contar da data de devolução pelos usuários/agricultores.

A logística reversa de embalagens de agrotóxicos no Brasil é gerenciada pelo inpEV, instituição responsável pela criação do Sistema Campo Limpo. O sistema é composto por mais de 400 unidades de recebimento de embalagens vazias, que abrange todas as regiões do Brasil como base o sistema compartilha da responsabilidade entre agricultores, indústria, canais de distribuição e poder público (INPEV, 2022).

Figura 2 - Responsabilidade Compartilhada Sistema inpEV

<i>Fabricantes</i>	<i>Setor de comercialização</i>	<i>Poder público: Municipal, Estadual e Federal</i>	<i>Agricultor</i>
Indicação do local para a devolução na NF de venda.			
Gestão de Unidades de Recebimento. Emissão de comprovantes de devolução.			
Conscientização e Educação.			
		Fiscalização e licenciamento.	
Destino final.			Lavagem e devolução no local indicado.

Fonte: inpEV (2017)

2.1.2 Tríplice lavagem

As embalagens de agrotóxicos são divididas em duas categorias, embalagens laváveis e as embalagens não laváveis. As embalagens não laváveis, são todas as embalagens flexíveis e aquelas embalagens rígidas que não utilizam água como veículo de pulverização. No que diz

respeito às embalagens laváveis são definidas como aquelas embalagens rígidas (plásticas, metálicas e de vidro) que acondicionam formulações líquidas de agrotóxicos para serem diluídas em água, de acordo com a norma técnica NBR-13.968. Para tais embalagens, deve ser realizada a tríplex lavagem após seu esvaziamento antes de ser encaminhadas para os locais de coleta, isso se deve ao fato de que depois de esvaziadas, as embalagens de agrotóxicos conservam algumas quantidades de substâncias químicas, que de acordo com Chiquetti (2005), por essa razão é feita a tríplex lavagem, ocorrendo a redução do risco de impactos ambientais e para saúde dos animais e ao homem. O InpEV, 2013 regulamentou o procedimento da tríplex lavagem, sendo necessário seguir os seguintes passos e figura 3:

- Esvaziar completamente a embalagem;
- Colocar água limpa na embalagem até 25% do seu volume;
- Tampar bem a embalagem e agitar vigorosamente em todos os sentidos o recipiente, por cerca de 30 segundos;
- Despejar a água de enxágue no tanque de equipamento de aplicação, para que essa água possa ser reutilizada nas áreas recém-tratadas, a embalagem deve ficar por cerca de 30 segundos sobre a abertura do tanque, para que todo conteúdo esorra;
- Repetir esse procedimento por mais duas vezes;
- Para deixar a embalagem inutilizada perfure o fundo com objeto pontiagudo.
- Esvaziar completamente a embalagem;
- Encaixa a embalagem no funil instalado no pulverizador;
- Acionar o mecanismo para liberar o jato de água;
- Direcionar o jato de água para que para que as paredes internas da embalagem por cerca de aproximadamente 30 segundos;
- A água da lavagem é transferida automaticamente para o interior do tanque do pulverizador;
- Para deixar a embalagem inutilizada perfure o fundo com objeto pontiagudo.

Figura 3 - Processo de tríplice lavagem.



Fonte: inPEV (2023)

O INPEV (2023) ainda descreve, para que a lavagem ocorra de forma correta e segura, o procedimento da Tríplice Lavagem deve-se seguir as seguintes recomendações:

- A lavagem deve ser feita logo após o esvaziamento da embalagem, para evitar o endurecimento do resíduo e fique encrustado ao recipiente;
- Usar sempre os equipamentos de proteção individual (EPI's) quando for fazer a lavagem dos recipientes;
- Não danificar o rótulo, facilitando assim sua identificação.

Nos estudos realizadas por Baptista, Baptista e Brioschi (1994) e comprovada por Chiquentti (2005), que analisaram embalagens tipo PEAD de 1 L de agrotóxicos, previamente tríplice lavadas, e conforme as percentagens de remoção, obtiveram resultados satisfatórios quanto a eficiência da tríplice lavagem, pois o teor residual foi menor que 0,01 %. Por tanto tais resultados comprovam que a tríplice lavagem é um procedimento de descontaminação de embalagens de agrotóxicos eficiente, pois a quantidade de resíduo retidas nas mesmas foi inferior ao valor este permitido pela NBR 13968 (ABNT, 1997).

2.1.3 Logística reversa e os custos ambientais da logística reversa do INPEV

A logística reversa é uma ferramenta da logística empresarial voltada a planejar, operar e controlar o fluxo relacionado ao retorno dos produtos após a sua venda e consumo ao ciclo produtivo.

A logística reversa é classificada como tradicional e sustentável tradicional refere-se ao trânsito de materiais para retorno de embalagens ou produtos que não passaram pelo controle de qualidade apresentando defeito e fora das especificações dos consumidores ou para assistir reclamações de clientes. A logística reversa sustentável é uma estratégia importante para incorporar programas de produção e consumo sustentáveis, ou seja, sua intenção é a recuperar materiais e produtos pós-consumo para uma destinação segura e correta, tornando-se, portanto, um instrumento de gestão ambiental. (Hupples, 2016)

De acordo o Ministério do Meio Ambiente (Brasil, 2014) a logística reversa é um ferramenta de desenvolvimento econômico e social que permite a restituição do que foi consumido ao setor empresarial, sendo reutilizado no mesmo ciclo produtivo ou em outros aspectos produtivos. Concerne no trajeto que o produto percorre, após ser vendido e consumido.

No Brasil, a agricultura é uma das áreas que apresenta uma maior logística reversa para cumprir às legislações e atender as responsabilidades sociais e ambientais, sobretudo pelo fato do país ser um substancial consumidor de agrotóxicos, o que torna, as embalagens dos agroquímicos representam grande perigo ao meio ambiente pelos resíduos altamente tóxicos e contaminantes (Brasil, 2012).

No intuito de amenizar o impacto negativo das embalagens de agrotóxicos que, durante e depois do uso no campo tornam-se resíduos tóxicos, o que pode colocar em risco o meio ambiente e a saúde da população; em janeiro de 2002 entrou em operação, o INPEV, com a finalidade de proporcionar apoio operacional e logístico para a implantação de um sistema operacionalmente ágil e eficiente no processamento de embalagens vazias agrotóxicos, visando à sustentabilidade ambiental, em cumprimento ao decreto 4.074 que regulamenta a lei federal 9.974/2000; que, por sua vez, regulamenta a coleta e destinação das embalagens de agrotóxico .

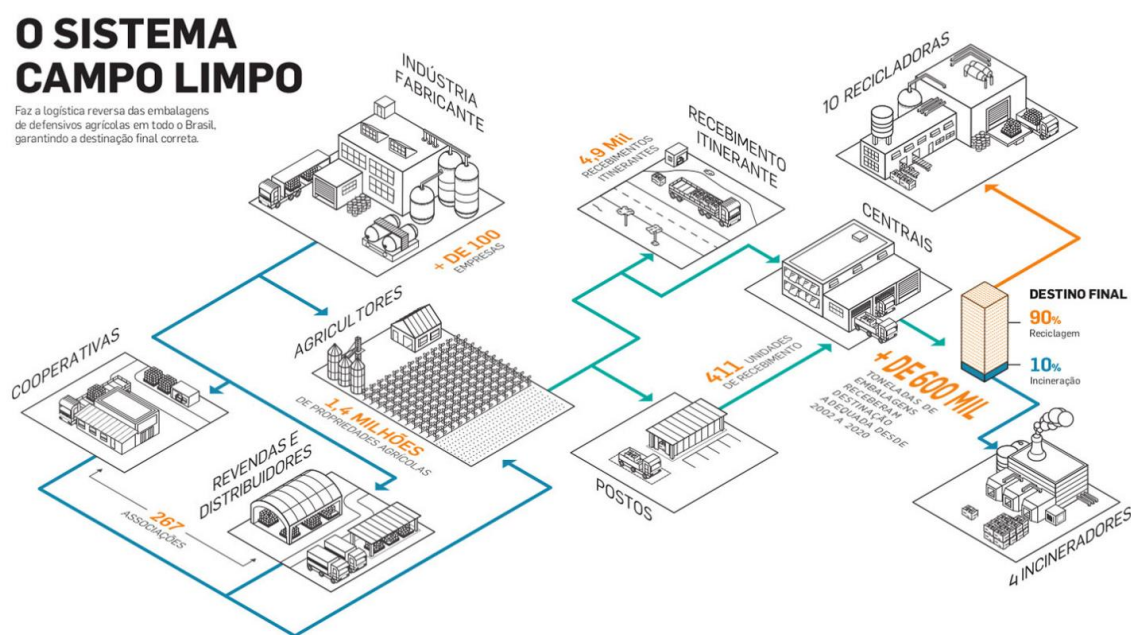
Sistema Campo Limpo é o nome do programa brasileiro de logística reversa de embalagens vazias de agrotóxico, no qual o inpeV atua como núcleo de inteligência. Ele abrange todas as regiões do país e tem como base o conceito de responsabilidade compartilhada: agricultores, indústria fabricante, canais de distribuição e poder público têm papéis e responsabilidades específicas no fluxo de funcionamento do programa, definidas por lei.

Os dados apresentados no Relatório Anual de 2021 do inpeV apontam para 53,7 mil toneladas de embalagens retiradas do campo e 49,94 mil toneladas de embalagens com

destinação adequada, das quais apenas 8% é destinada para incineração, os demais 92% é encaminhada para a reciclagem. (INPEV, 2022)

O inpeV possui com cerca de 100 associadas, entre empresas fabricantes de agrotóxico do Brasil e entidades representativas do setor. Para sua gestão o Sistema Campo Limpo conta com mais de 1.702 profissionais participam direta ou indiretamente, do Cerca de 400 colaboradores integram o inpeV. (Figura 4)

Figura 4 - Fluxograma das atividades gerenciadas pelo Sistema Campo Limpo.



Fonte: inpeV (2023)

Esse sistema possui 99 centrais de recebimento e 312 postos de recebimento, que possui características diferentes, conforme pode ser observada na figura 3. Essas unidades de recebimento estão distribuídas em todos os estados brasileiros e Distrito Federal. Pernambuco, conta com apenas duas centrais de recebimento, localizados nos municípios de Carpina e Petrolina, gerenciados respectivamente pela Associação dos Revendedores dos Produtos Agropecuários do Nordeste (ARPAN) e a Associação do Comércio Agropecuário do Vale do São Francisco (ACAVASF).

Pernambuco, em 2020, de acordo com a pesquisa do IBGE indicou que o desempenho na produção agrícola rendeu ao Estado, o sexto lugar, a nível nacional batendo o recorde e ultrapassou R\$ 5,4 bilhões, o que significa um aumento de 17,4%, comparado ao ano anterior. Esses dados demonstram que o Estado possui uma forte produção agrícola e

consequentemente o uso elevado de agrotóxico, o que acusa a deficiência quanto capacidade de recepção de embalagens após o uso desses agrotóxicos pelo Sistema Campo Limpo do inpEV, visto que contam com apenas duas centrais de recebimento, conforme pode-se observar na figura 5.

Figura 5 - Localização das unidades de recebimento do Sistema Campo Limpo inpEV em Pernambuco.



Fonte: Autoria própria.

De acordo com o relatório anual do inpEV de 2022 os custos operacionais desenvolvidos pelo Sistema Campo Limpo, foi no montante de 161.823 milhões de reais, dentre esses custo, das quais despesas administrativas e gerais do Instituto é efetuada por meio de três segmentos: Despesas com infraestrutura; Processo de suporte e Processo básico. Aprofundando-se nos custos com o processo básico, que são as despesas de Operações, Logística e Destinação final, refere-se, respectivamente, a custos incorridos pelas unidades de recebimento de embalagens vazias e reembolsados pelo Instituto para a ampliação, reformas e manutenção de centrais conveniadas e postos, no valor de R\$ 34.842 (2020 - R\$ 42.626) e construção de centrais e postos conveniados no valor de R\$ 1.882 (2020 - R\$ 588); substancialmente a despesas incorridas com fretes para transporte de embalagens vazias, lavadas para reciclagem, no valor de R\$ 26.055 (2020 - R\$ 22.493) e as despesas com incineração de embalagens não lavadas no valor de R\$ 7.582 (2020 - R\$ 7.044). Tais custos supracitados totalizou, em 2021, um valor de 86.639 milhões de reais. (INPEV, 2022)

No intuito de diminuir os custos instituto firmou convênios com as empresas recicladoras referentes a serviços de cooperação técnica e operacional na área de reciclagem de resíduos plásticos. Esses serviços consistem em desenvolvimento, treinamentos e estudos de melhorias das etapas do processo de reciclagem.

Os artefatos produzidos através da reciclagem das embalagens vazias de agrotóxico são: barrica de papelão, tubo para esgoto, cruzeta de poste de transmissão de energia, embalagem para óleo lubrificante, caixa de bateria automotiva, conduíte corrugado, barrica plástica para incineração, duto corrugado, saco plástico de descarte e incineração de lixo hospitalar e tampas para embalagens de agrotóxico, entre outros. Somente são feitos produtos finais orientados e aprovados pelo inpEV, que prioriza itens para uso industrial (INPEV, 2022). O que evidencia que mais estudos voltados a reaproveitamento das embalagens de agrotóxico são de extrema importância para destinação final segura desse resíduo.

2.2 SUSTENTABILIDADE E A CONSTRUÇÃO CIVIL

A notabilidade da sustentabilidade surge como consequência do avanço avassalador da globalização em que o desenvolvimento econômico é posto como superior às questões ambientais e sociais. Na década de 1960, ativistas e pesquisadores ambientais começaram a enfatizar a crise ambiental, cientes do possível e futuro colapso ecológico, porém essa discussão só foi colocada na pauta pelos líderes mundiais na Conferência de Estocolmo de 1972, que criou a criação da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e a elaboração do Informe de Brundtland “Nosso Futuro Comum”, que começa a abordar a necessidade de uma desaceleração econômica, visa quebrar paradigmas econômicos já arraigados para estabelecer uma nova perspectiva que leve em conta às limitações da natureza, a geração de significado social e a criatividade humana (Araujo, 2020).

Embora o princípio da sustentabilidade proposto pelo relatório Brundtland seja amplamente admitido e praticamente não haja oposição, o conceito de sustentabilidade não está plenamente definido, o que a torna flexível, holístico, indeterminado, portanto, difícil de implementar, principalmente quando não há ferramentas concretas para alcançá-lo. Observando essa lacuna, as Nações Unidas (ONU) tem se empenhado em propor metas e objetivos para o alcance do desenvolvimento sustentável, uma vez que as mudanças ambientais são inegáveis e a inospitalidade terrena torna-se algo alcançável. Acerca disso, em setembro de 2015, 193 países membros das nações ligadas adotaram uma nova política global: A agenda 2030 para o desenvolvimento Sustentável, que inclui 17 objetivos e 169

metas a serem alcançados até 2030, cujo objetivo é aumentar o desenvolvimento global. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) são uma agenda global adotada no zimbório das nações ligadas sobre Desenvolvimento Sustentável. Para isso, os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos têm metas a serem alcançadas por meio de uma ação conjunta que envolve os diferentes níveis de governo, organizações, empresas e a sociedade como um todo em nível internacional, nacional e local.

Figura 6 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.



Fonte: Conexão Ambiental (2023)

A construção civil é um setor muito relevante para os pilares do desenvolvimento sustentável como propulsor da economia, entretanto gera relevantes impactos ambientais e sociais significativos. Ao adotar práticas sustentáveis, é possível reduzir o impacto negativo da construção no meio ambiente, preservar recursos naturais preciosos e criar edifícios mais eficientes e saudáveis para as pessoas que os utilizam, tornando-se um campo importante para a concretização e alcance dos ODS.

Nesse sentido, surgiu o conceito de construção sustentável, integrando os conceitos de mitigação do impacto ambiental e eficiência do projeto para alcançar o desenvolvimento sustentável em um setor que historicamente tem alto impacto ambiental em todas as fases da

construção civil. Estima-se que construção civil é responsável pelo consumo de 40% a 75% da matéria prima produzida no planeta (Chazali *et al*, 2022).

Algumas práticas já vêm sendo implantadas pelo setor da construção civil, que está se adaptando e incorporando princípios de sustentabilidade, algumas delas são:

- **Eficiência Energética:** Edifícios consomem uma grande quantidade de energia ao longo de sua vida útil. A construção sustentável enfatiza a utilização de materiais e sistemas que reduzem o consumo de energia, como isolamento térmico, janelas eficientes, iluminação LED e sistemas de HVAC (aquecimento, ventilação e ar-condicionado) de alta eficiência.
- **Uso de Materiais Sustentáveis:** A escolha de materiais de construção sustentáveis é crucial. Isso inclui a preferência por materiais reciclados, madeira certificada pelo FSC (Forest Stewardship Council) e produtos de baixa emissão de compostos orgânicos voláteis (COVs).
- **Redução de Resíduos:** A indústria da construção é notória por gerar grandes quantidades de resíduos. Práticas sustentáveis buscam reduzir o desperdício através da reutilização de materiais, reciclagem de entulho de construção e o uso de métodos construtivos mais eficientes.
- **Conservação de Água:** Edifícios sustentáveis incorporam tecnologias de economia de água, como torneiras de baixo fluxo, sanitários de duplo fluxo e sistemas de reciclagem de água para uso em irrigação e descarga de vasos sanitários.
- **Certificações Verdes:** Organizações como o LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), o BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) e Casa Azul + CAIXA, desenvolveram sistemas de certificação que incentivam e avaliam a construção sustentável. Os edifícios que atendem aos critérios dessas certificações são reconhecidos por suas práticas ambientalmente amigáveis.
- **Energias Renováveis:** A instalação de fontes de energia renovável, como painéis solares e turbinas eólicas, pode reduzir significativamente o consumo de energia dos edifícios e, em alguns casos, permitir a produção de energia suficiente para suprir todas as suas necessidades.

- Design Bioclimático: O design de edifícios pode ser orientado para aproveitar ao máximo a luz natural e a ventilação, reduzindo assim a dependência de iluminação artificial e sistemas de climatização.
- Planejamento Urbano Sustentável: Além dos próprios edifícios, o planejamento urbano sustentável considera a localização dos edifícios, promovendo o uso de transporte público, áreas verdes e espaços comunitários, criando comunidades mais sustentáveis.
- Educação e Conscientização: A sensibilização sobre a importância da construção sustentável é fundamental. Arquitetos, engenheiros, construtores e proprietários devem estar cientes das práticas e tecnologias sustentáveis disponíveis.

A partir desse conceito das construções sustentáveis busca-se por tecnologias alternativas construtivas e uso de materiais reciclados tendo como objetivo a redução do consumo de matéria prima, podendo contribuir substancialmente com o ODS 12, que visa alcançar a produção e o consumo sustentáveis, com foco em ações globais e locais, para alcançar o uso eficiente de recursos naturais. Neste objetivo, também estão incluídos o gestão dos resíduos sólidos e a diminuição da emissão de poluentes. Esse ODS também inclui o tratamento de resíduos sólidos e a redução do lançamento de poluentes.

Quanto aos resíduos sólidos, este ODS pode ser alcançado reduzindo a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reaproveitamento no consumo e na produção. Dessa forma, é possível repensar o ciclo de vida do produto e redesenhar a cadeia produtiva. Atitudes como: Separar e destinar corretamente os resíduos; Adotar técnicas de reciclagem de resíduos e aproveitar ao máximo as matérias-primas; Considerar o pós-consumo e o acondicionamento são algumas das alternativas que estão sendo buscadas para melhorar a gestão dos resíduos sólidos (Soares, 2022).

Uma boa prática de gerenciamento de resíduos sólidos é praticada pela logística reversa desenvolvida pelo InpEV, acerca das embalagens vazias de agrotóxico aproximadamente de 90% dos recipientes, que são entregues triplíce lavados e sem resíduos, vão para a reciclagem e são transformados em outros produtos. Esses produtos são destinados para uso está a construção civil, servindo, por exemplo, à produção da chamada madeira plástica, de conduítes para fiação elétrica e de dutos corrugados (figura 7).

Figura 7 - Produtos fabricados a partir da reciclagem de embalagens vazias de agrotóxico pelo InpEV.



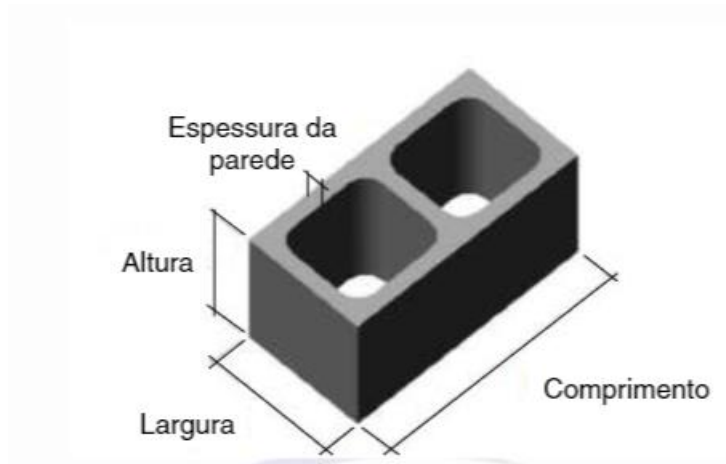
Fonte: Adaptado InpEV (2023)

2.3 BLOCO DE CONCRETO PARA ALVENARIA DE VEDAÇÃO

A alvenaria é formada por elementos que têm como objetivo compor as paredes de uma edificação, sendo as mais frequentes feitas por tijolos de barro, cerâmico ou concreto, unidos por juntas de argamassa para formar uma estrutura firme e coesa. É fundamental que as peças estejam niveladas e bem assentadas (Flores, 2018). Duas funções são desempenhadas por uma alvenaria em uma construção: servir como alvenaria de vedação, capaz de suportar seu próprio peso e dividir partes internas ou externas de um edifício; ou ser uma alvenaria estrutural, possui a capacidade de suportar seu peso próprio e também as demais cargas de elementos que se apoiam sobre ela é uma característica da alvenaria estrutural.

O Bloco de concreto é um componente construtivo obtido a partir da mistura de cimento, areia, pedrisco, pó de pedra e água. De acordo com a NBR 6136 (ABNT, 2016), os blocos vazados de concreto simples são compostos por elementos para a construção de alvenaria, com ou sem função estrutural, vazado nas faces superior e inferior, cuja área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta, conforme as especificações da figura 8.

Figura 8 - Bloco de concreto vazado simples – NBR 6136/2016.



Fonte: ABNT (2016)

Ainda de acordo com a NBR 6136, as dimensões nominais dos blocos vazados de concreto modulares e submodulares deverão corresponder às dimensões estabelecidas na tabela 1, para as espessuras mínimas de qualquer parede de bloco deve respeitar a tabela 1.

Tabela 1 - **Dimensões** nominais – NBR 6136/2016.

Família		20 x 40	15 x 40	15 x 30	12,5 x 40	12,5 x 25	12,5 x 37,5	10 x 40	10 x 30	7,5 x 40	
Medida Nominal mm	Largura	190	140		115			90		65	
	Altura	190	190	190	190	190	190	190	190	190	
	Comprimento	Intelro	390	390	290	390	240	365	390	290	390
		Melo	190	190	140	190	115	-	190	140	190
		2/3	-	-	-	-	-	240	-	190	-
		1/3	-	-	-	-	-	115	-	90	-
		Amarração "L"	-	340	-	-	-	-	-	-	-
		Amarração "T"	-	540	440	-	365	-	-	290	-
		Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	90
		Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	40
		Canaleta Intelra	390	390	290	390	240	365	390	290	-
		Mela canaleta	190	190	140	190	115	-	190	140	-
NOTA 1 As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos indicados nesta Tabela são de $\pm 2,0$ mm para a largura e $\pm 3,0$ mm para a altura e para o comprimento.											
NOTA 2 Os componentes das famílias de blocos de concreto têm sua modulação determinada de acordo com a ABNT NBR 15873.											
NOTA 3 As dimensões da canaleta J devem ser definidas mediante acordo entre fornecedor e comprador, em função do projeto.											

Fonte: ABNT (2016)

Tabela 2 - Designação por classe, largura dos blocos e espessura mínima das paredes dos blocos

Classe	Largura nominal mm	Paredes longitudinais ^a mm	Paredes transversais	
			Paredes ^a mm	Espessura equivalente ^b mm/m
A	190	32	25	188
	140	25	25	188
B	190	32	25	188
	140	25	25	188
C	190	18	18	135
	140	18	18	135
	115	18	18	135
	90	18	18	135
	65	15	15	113
^a Média das medidas das paredes tomadas no ponto mais estreito. ^b Soma das espessuras de todas as paredes transversais aos blocos (em milímetros), dividida pelo comprimento nominal do bloco (em metros).				

Fonte: ABNT (2016)

Segundo Oliveira (2019) a produção de blocos de concreto o uso mais frequente dos materiais como cimento Portland, água, agregados graúdos e miúdos, além de aditivos, conforme a necessidade. Conforme citado por Frasson (2020), as propriedades dos agregados são de grande relevância na fabricação dos blocos, pois afetam a resistência e compactação do concreto, a aderência com a pasta de cimento e a homogeneidade da mistura. Através da NBR 6136 (ABNT, 2016), os blocos são classificados de acordo com sua função, Classe A (blocos com ou sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria abaixo ou acima do solo); Classe B (blocos com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo) e Classe C (blocos com e sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo). Os blocos vazados de concreto prescritos nesta norma devem atender aos limites de resistência, absorção e retração linear por secagem estabelecida na Tabela 3.

Tabela 3 - Requisitos para resistência característica à compressão, absorção e retração – NBR 6136/2016.

Classificação	Classe	Resistência característica à compressão axial ^a MPa	Absorção %				Retração ^d %
			Agregado normal ^b		Agregado leve ^c		
			Individual	Média	Individual	Média	
Com função estrutural	A	$f_{bk} \geq 8,0$	$\leq 9,0$	$\leq 8,0$	$\leq 16,0$	$\leq 13,0$	$\leq 0,065$
	B	$4,0 \leq f_{bk} < 8,0$	$\leq 10,0$	$\leq 9,0$			
Com ou sem função estrutural	C	$f_{bk} \geq 3,0$	$\leq 11,0$	$\leq 10,0$			

^a Resistência característica à compressão axial obtida aos 28 dias.

^b Blocos fabricados com agregado normal (ver definição na ABNT NBR 9935).

^c Blocos fabricados com agregado leve (ver definição na ABNT NBR 9935).

^d Ensaio facultativo.

Fonte: ABNT, 2016

De acordo com Costa (2017), após o processo de cura, a fim de verificar a qualidade dos blocos, eles são submetidos a testes de resistência à compressão e análise de absorção de água. Para avaliar a qualidade dos blocos produzidos, como citado por Muller (2015), são requeridos diversos ensaios, os quais seguem as diretrizes das normas NBRs 12118/2013 e 6136/2016. A NBR 6136 estipula os critérios para a aceitação dos blocos de concreto, enquanto a NBR 12118 define os procedimentos para condução dos ensaios visando a possível aprovação dos mesmos.

2.3.1 Bloco de concreto com uso de material reciclado

Segundo a NBR 10004 (ABNT, 2004), os resíduos podem vir de fontes industriais, domésticas, hospitalares, comerciais, agrícolas, de serviços e de varrição. Resíduos sólidos são resíduos sólidos ou semissólidos produzidos por atividades sociais humanas. A reciclagem é entendida como o processo de transformação de resíduos sólidos envolvendo a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, a fim de convertê-los em insumos ou novos produtos. (Brasil, 2010). Com base nessa definição, doravante, os blocos de concreto com resíduos incorporados em sua produção denominam-se blocos de concreto reciclados.

Quase todos os segmentos da indústria da construção civil têm a capacidade de empregar a reutilização de resíduos sólidos urbanos (RSU), resíduos de construção e demolição (RCD) e outros materiais recicláveis, desde pequenas construções até grandes

projetos de pavimentação. Recentemente, as análises realizadas nesse contexto têm demonstrado, em termos gerais, uma satisfação considerável com a qualidade do concreto produzido a partir desses agregados reciclados. (Fernandes; Amorim, 2014).

2.3.2 Blocos de concreto com uso de Polietileno Tereftalato (PET)

Neste intuito, alguns estudos já vêm comprovando que uso de materiais recicláveis é uma alternativa para gestão de resíduos, como por exemplo, a reutilização do Polietileno Tereftalato (PET), a pesquisa realizada por Barreto *et al*, em 2019 que teve por objetivo analisar as propriedades físicas e mecânicas de blocos prensados de concreto sem função estrutural com a reciclado em substituição ao agregado miúdo. A proposta analisada neste trabalho usa processo de trituração mecânica simples. Foi possível verificar que o teor de PET reciclado em 15%, obteve uma redução da massa seca, da absorção e da condutividade térmica e um aumento da resistência à compressão do bloco, seguido de um aumento da homogeneidade da massa indicada pelo ensaio de ultrassom conforme mostra a figura 8.

Tabela 4 - Tabela com os resultados da resistência à compressão dos blocos, em que CV é o coeficiente de variação.

AMOSTRA	RESISTÊNCIA (MPa)		% EM RELAÇÃO À REFERÊNCIA
	MÉDIA	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

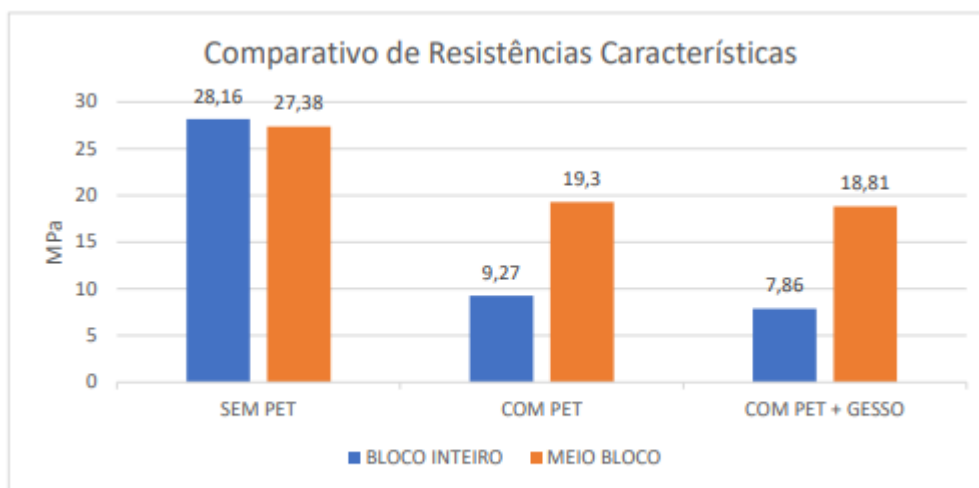
Fonte: Barreto *et al* (2019)

Em outro aspecto a incorporação do PET dentro de blocos de concretos demonstrou que não há perda significativa quanto à resistência, como por exemplo, a reutilização das garrafas tipo PET, objeto de pesquisa de Ferro *et al*, 2020, O objetivo desta pesquisa foi demonstrar o uso de garrafas PET e gesso incorporados dentro de blocos de concreto, ao mesmo tempo em que se avalia seu impacto na resistência à compressão. Para conduzir os testes, foram fabricados blocos completos e meios blocos de concreto, alguns contendo garrafas PET vazias e outros com garrafas preenchidas com gesso. Além disso, foram produzidos blocos de concreto sólidos para fins de comparação de resistência. Ao submeter esses blocos a testes de compressão usando uma prensa hidráulica, observou-se que os resultados foram abaixo do esperado conforme mostra figura 9. No entanto, mesmo assim,

esses blocos continuam sendo uma solução viável para o mercado da construção, pois garantem a qualidade estrutural e ajudam a reduzir os impactos ambientais negativos causados pelo descarte inadequado de garrafas PET e resíduos da construção civil de classe C.

Através dessa pesquisa foi possível também foi verificar que a sua utilização desse material pode ser feita em qualquer tipo de alvenaria, desde que seja levando em consideração nos cálculos estruturais o seu peso elevado, foi também possível concluir que a viabilidade do uso dessa tecnologia sustentável a escolha por blocos reciclados se tornará um diferencial por parte das construtoras e projetistas.

Figura 9 - Gráfico comparativo de resistência à compressão com uso de garrafas PET.

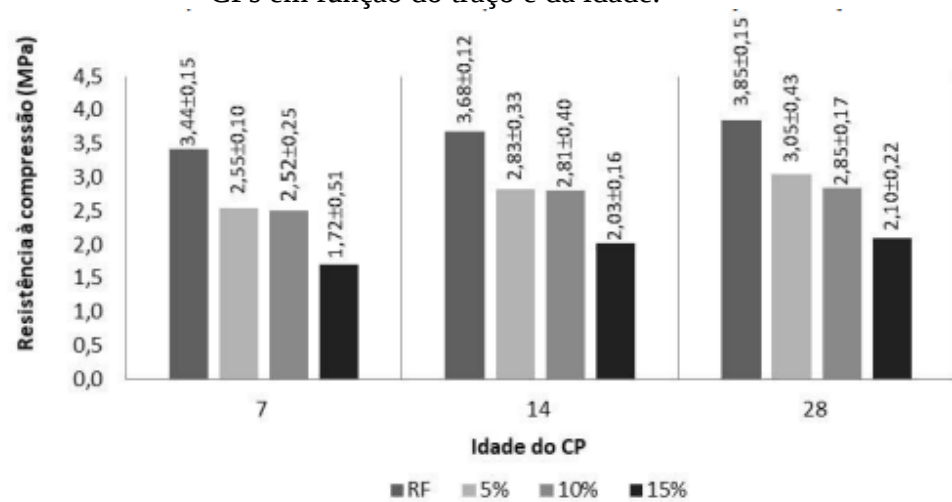


Fonte: Acervo Pessoal

Fonte: Ferro *et al* (2020)

Na pesquisa realizada por Souza *et al* (2021) em que objetivou-se verificar a viabilidade técnica de produzir concreto seco incorporando resíduos de PET para a fabricação de blocos de concreto vazados. O processo de pesquisa envolveu com formulação da dosagem, criação de corpos de prova utilizando concreto seco com substituição gradual da areia industrial por resíduo de PET em diferentes proporções (0%, 5%, 10%, e 15%), avaliação das propriedades físicas e mecânicas desses corpos de prova, e fabricação e análise de blocos de referência comparados com blocos nos quais a areia foi substituída por flakes de PET. A introdução progressiva do PET na matriz do concreto aumentou a absorção de água e a porosidade dos traços, resultando na redução da massa específica e da resistência à compressão (Figura 10).

Figura 10 - Gráfico comparativo de resistência à compressão axial média=desvio padrão dos CPs em função do traço e da idade.



Fonte: Souza et al (2021).

Através da correlação entre o percentual de substituição do PET e a resistência mecânica à compressão, determinou-se que a incorporação de PET no traço deveria ser limitada a 7% para atender aos requisitos da NBR 6136. Através da pesquisa foi possível concluir que a reciclagem de PET é tecnicamente viável para a produção de blocos de concreto, contribuindo para a sustentabilidade urbana e evitando o descarte inadequado desse material em áreas ilegais e aterros sanitários.

4 MATERIAS E MÉTODOS

O presente estudo é uma pesquisa de natureza quali-quantitativa, de caráter exploratório-descritivo, nessa perspectiva buscou-se desenvolver a pesquisa a fim de propor a gestão de forma mais eficiente e com redução dos custos com a Logística Reversa das unidades de coletas das embalagens tríplice lavadas de agrotóxico em Pernambuco e verificando a possibilidade da reutilização desse material, incorporando-os em bloco de concreto de forma que possa ser classificado como bloco para alvenaria de vedação de acordo com os parâmetros estabelecidos pela NBR 6136/2016.

Os procedimentos experimentais deste trabalho foram desenvolvidos em parte no laboratório de tecnologia da construção do Instituto Federal de Pernambuco (IFPE), campus Recife. Outro procedimento necessário foi realizado no Laboratório de Geotécnica e de tecnologia do Concreto e da Construção Civil (LGTC) da empresa JOV Engenharia e Consultoria

4.1 MATERIAIS

4.1.1 Embalagens de agrotóxico tríplice lavadas.

Foram coletadas 14 embalagens de agrotóxico rígidas vazias capacidade de 1L submetidas a tríplices lavagens em um estabelecimento comercial de revenda de agrotóxicos na cidade do Recife/PE para confecção dos blocos, as embalagens possuem o formato cilíndrico com altura de 240 mm e diâmetro 88 mm.

As embalagens são fabricadas em PEAD (polietileno de alta densidade), Segundo Magalhães (2023) é um tipo de plástico amplamente empregado devido às suas propriedades físicas e química vantajosa. Sua composição é baseada na polimerização do eteno e consiste apenas em hidrogênio e carbono, resultando em uma massa específica que varia de 0,935 a 0,960 g/cm³. No entanto, é importante ressaltar que o descarte inadequado desse material pode acarretar sérios problemas ambientais, uma vez que seu tempo de decomposição na natureza é estimado em cerca de 400 anos, conforme dados do Ministério do Meio Ambiente.

Para a utilização das embalagens foi realizado a perfuração nas direções do fundo e ao longo do corpo do recipiente. (Figura 11)

Figura 11 - Embalagem de agrotóxico rígida vazia capacidade de 1L submetidas a tríplices lavagens



Fonte: Autoria Própria.

4.1.2 Cimento Portland

O cimento é material pulverulento, isto é, se apresenta em estado de pó fino, constituído de silicatos e aluminatos de cálcio que adquire propriedades aglomerantes ou aglutinantes, que enrijece sob a ação de água. Na forma de concreto (Uma mistura homogênea de cimento e agregados, grãos e miúdos), transforma-se uma pedra artificial, que pode adquirir formas e volumes, de acordo com as necessidades solicitadas. Diante dessas características, o concreto é o segundo material mais consumido no mundo, superado apenas pela água. (Ribeiro, 2022)

O cimento empregado na produção dos blocos é o CPIV-32 RS, um Cimento Portland Pozolânico, que apresenta resistência mecânica à compressão de 32 MPa, 28 dias (após moldado) e por ser facilmente encontrado no mercado, portanto mais utilizado, além disso esse mesmo tipo de aglomerante obteve resultados satisfatório na pesquisa por Rodrigues (2018) realizada na confecção de tijolos com uso de concha de marisco.

4.1.3 Agregados

De acordo com a norma 7211:2009, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), agregado para concreto deve ser “composto por grãos de minerais duros, compactos, duráveis, estáveis, limpos e que não interfiram no endurecimento e hidratação do cimento e também na proteção contra corrosão da armadura”. As características relevantes do agregado para a composição do concreto incluem: porosidade, distribuição granulométrica, absorção de água, forma, resistência à compressão e tipo de substâncias presentes.

Existem dois tipos de agregados para concreto: o miúdo (areia) e o graúdo (brita), cada qual com funções e propriedades específicas. Define-se agregado miúdo como areia de origem natural ou resultante de britagem de rochas estáveis – ou a misturas de ambas –, com grãos que passam pela peneira ABNT 4,8mm e ficam retidos na peneira ABNT 0,075mm. Já o agregado graúdo, define-se como: o pedregulho ou a brita proveniente de rochas estáveis – ou a mistura de ambos –, com grãos que passam por uma ficam retidos na peneira de malha quadrada com abertura nominal de 152 mm 75 mm e ficam retidos na peneira ABNT até a peneira de 4,8 mm. A areia utilizada na produção possui módulo de finura de 2,38 e diâmetro máximo de 4,75 mm. A brita utilizada possui diâmetro máximo de 12,5 mm, módulo de finura de 5,74, já para o pó de pedra utilizado é um material com diâmetro máximo de 4,8 mm, módulo de finura de 2,55. De acordo com o a ABNT NBR 9935/2011, esses agregados são classificados e definidos como agregados normais, no qual são os agregados com massa unitária superior a 1120 kg/m³.

4.1.4 Forma de madeira

Para a moldagem dos blocos utilizou-se chapas de madeira pinus com espessura de 0,02m para a confecção das 14 fôrmas, com as dimensões 15 x 35 x 15 cm (C x L x A), essas dimensões foram adaptadas da NBR 6136/2016, afim de garantir os espaçamento interno para a incorporação das embalagens.

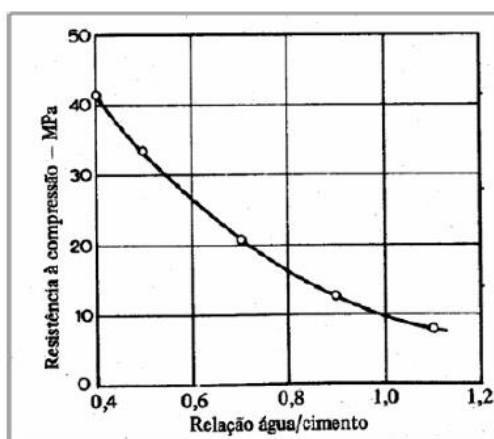
4.2 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS

4.2.1 Produção dos blocos, moldagem e cura.

Para a produção do bloco, a mistura foi manualmente preparada com o auxílio de uma pá quadrada, um cabo de madeira de 71 cm e baldes plásticos de 5 litros, como apresentado nas Figuras 3 e 4. O processo de dosagem foi realizado com base em medições volumétricas. A determinação da quantidade de água a ser adicionada ao traço (conforme Tabela 2) seguiu um critério de proporção estabelecido para garantir a melhor trabalhabilidade no caso em questão. Esse procedimento foi aplicado em ambas as famílias, T1 e T2, explicando a diferença na relação entre água e cimento. Essa relação exerce uma influência direta na resistência do concreto endurecido. Em um estudo renomado realizado por Abrams (1919), foi demonstrado que relações de 0,4 a 0,6 (conforme ilustrado na Figura 12) resultam em

resistências mais elevadas. No entanto, a redução da quantidade de água pode comprometer a trabalhabilidade e a fluidez da massa fresca, o que justifica a escolha de uma relação de 0,5 para a Família 1 e 0,6 para a Família 2 neste estudo.

Figura 12 - Gráfico relação água/cimento x resistência



Fonte: Abrams (1919).

Figura 13 - Mistura dos elementos constituintes dos blocos.



Fonte: Autoria Própria

Tabela 5 - Traços das famílias estudadas.

Família	T.U.V. (cim.: areia: pó de pedra; brita: água/cim.)
T1	1:1,5:1,5:1,5:0,5
T2	1:1,5:1,5:1,5:0,6

Fonte: Autora.

Para moldagem dos blocos foram utilizadas fôrmas de madeira plastificada e untadas com óleo mineral (para facilitar a retirada dos blocos), nas dimensões especificadas, conforme figura 14.

Figura 14 - Fôrmas de madeira plastificada e untadas com óleo mineral



Fonte: Autoria Própria

Em cada forma, inicialmente foi aplicada uma camada de 25 mm de concreto fresco. Em seguida, posicionaram-se as embalagens de modo a obter uma espessura de 30 mm na parte superior e inferior, delimitando a fase de menor área, conforme mostra a Figura 15.

Figura 15 - Dimensões internas do bloco de concreto.



Fonte: Autoria Própria.

Após essa etapa, inseriram-se moldes de PVC (Figura 16) para assegurar que as embalagens mantivessem as dimensões mencionadas. Finalmente, aplicou-se a última camada

de 25 mm de concreto. Com o intuito de evitar a formação de porosidades e assegurar uma distribuição uniforme da mistura, o que poderia impactar negativamente a durabilidade e resistência do bloco, foram realizados 12 golpes em todas as camadas e fases do processo, utilizando um vergalhão de 10 mm. Essa ação foi executada após a remoção dos moldes de PVC.

Figura 16 - Preenchimento dos blocos de concreto.



Fonte: Autoria Própria.

Para cada família analisada foram produzidos 7 (sete) blocos prismáticos, com dimensões aproximadas de 15 x 35 x 15cm (C x L x A). Após confecção dos blocos, estes foram devidamente identificados e destinados à cura de 28 dias, regando-os com água três vezes ao dia de forma manual a fim de proporcionar a hidratação interfere diretamente na reação entre cimento e água que dá origem às características de pega e endurecimento para evitar o surgimento de fissuras e trincas.

4.2.2 Ensaio laboratoriais

Atingindo o tempo estimado de cura de 28 dias, os 14 blocos (sete da família T1 e 7 (sete) da família T2), foram encaminhados para os ensaios laboratoriais de resistência à compressão axial conforme preconiza a ABNT NBR 12118/2013 no Laboratório de Geotécnica e de tecnologia do Concreto e da Construção Civil – LGTC da empresa JOV

Engenharia e Consultoria; Para realização do Ensaio de Absorção os demais blocos foram levados para o laboratório de Materiais de Construção do IFPE Campus Recife, conforme também recomenda a ABNT NBR 12118/2013.

4.2.2.1 Ensaio de resistência à compressão axial

A resistência à compressão é uma propriedade fundamental obtida por meio do ensaio de compressão. Ela representa a capacidade do material de suportar cargas de compressão antes de ocorrer à falha. A resistência à compressão é expressa em unidades de pressão, como Pascal (Pa) ou Megapascal (MPa).

A NBR 12118: 2013 prescreve o método de determinação da resistência à compressão em blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural.

A metodologia para determinação da Resistência à Compressão foi realizada com base na norma 12118/2013 (ABNT 2013). A caracterização dos blocos foi feita em termos de resistência média (f_{bm}) e de resistência característica (f_{bk}). De acordo com a norma, a realização deste teste requer o uso de uma prensa equipada com dois pratos de aço que servem como suporte.

Conforme preconizado pela norma, antes de serem submetidos a este ensaio, os blocos devem passar pelo procedimento de capeamento. Essa etapa é sempre realizada previamente aos testes mecânicos, com o propósito de assegurar que a peça em avaliação alcance uma superfície plana e uniforme, de modo que a carga aplicada durante o ensaio seja distribuída de maneira homogênea por toda a área. O capeamento neste estudo foi executado utilizando uma mistura de argamassa composta por areia fina e cimento, na proporção de 1:1. É fundamental realizar medições da altura, largura, comprimento e espessura das paredes antes e após esse processo, a fim de garantir que a espessura média não ultrapasse os 3 mm. Após a cura de 24 horas de cura do capeamento foi realizada a ruptura dos blocos.

De acordo com a NBR 6136 (ABNT, 2016), a resistência dos blocos sem função estrutural devem ser de no mínimo de 3,0 MPa para provocar a diminuição da resistência de alvenaria de vedação e conseqüentemente a possibilidade de surgimento de trincas e fissuras nessa estrutura. Essa norma brasileira também classifica que para os blocos com função estrutural o resultado do ensaio de resistência à compressão deverá ser de no mínimo 4,0 MPa.

No Laboratório de Geotécnica e de tecnologia do Concreto e da Construção Civil – LGTC, para realização dos ensaios de compressão, (conforme mostra figura 17) utilizou-se a

prensa hidráulica da fabricante Solotest, máquina universal servo controlada com capacidade de 100KN, as placas de ruptura possuem características superiores exigidas por norma. A placa superior possui 100 mm de espessura e a placa inferior possui 150 mm de espessura. A altura livre entre as placas é de 410 mm e pedestal para rompimento de blocos simples de até 20x20x44 cm.

Figura 17 - Ensaio de compressão (prensa hidráulica da fabricante Solotest)



Fonte: Autoria Própria.

4.2.2.1 Ensaio de Absorção

A absorção de água é um processo físico pelo qual o concreto absorve água nos poros e condutos capilares. A água ingressa aos vazios do concreto pela pressão exercida na superfície das peças ou pelo fenômeno de capilaridade (Soares, 2022). A capilaridade, é propriedade dos materiais higroscópicos, apresenta-se por sucção capilar, independente da pressão exterior necessitando apenas de contato com a umidade.

Ainda de acordo com Soares (2022) a água no interior dos agregados exerce influência nas suas interações e propriedades. Constituinte primordial para sustentação das reações de hidratação e, uma vez que a peça estrutural é formada, a água é atraída para a superfície do material.

A determinação do índice de absorção de água dos blocos foi realizada conforme estabelece a norma ABNT NBR 12118/2013. Foi preparado bloco representativo de cada

família, secos em estufa a uma temperatura de 105° (conforme mostra figura 18), até sua consistência de massa e pesados, obtendo-se assim o valor da massa (m_1), após os blocos atingirem temperatura ambiente, foram submersos em água em um tanque por 24 horas, conforme especifica a NBR 12118/2013 (figura 19), retirados, secos superficialmente com um pano úmido e novamente pesados, respeitando um intervalo máximo de 3 minutos, afim de obter o valor da massa saturada (m_2).

Figura 18 - Blocos de concreto em ensaio de absorção



Fonte: Autoria Própria.

Figura 19 - Blocos de concreto na submersos em água.



Fonte: Autoria Própria.

O cálculo da absorção de água é dado pela seguinte equação:

$$\text{Abs} = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100 \quad (1)$$

Em que:

Abs = Absorção de água (%)

m1 = massa seca (g)

m2 = massa saturada (g)

4.2.3 Análise de resultados obtidos

Os dados obtidos foram tabulados e comparados com as especificações definidas na NBR 6136 (ABNT, 2016), com o propósito de classificá-los de acordo com as diretrizes desta norma. Isso permitiu avaliar a viabilidade de utilização desses resultados para determinar a adequação do material como bloco de concreto destinado à construção de alvenaria de vedação.

4.2.4 Análise econômica para produção dos blocos

Foi realizado a avaliação dos custos direto para produção do 1m² de alvenaria de blocos com a incorporação de embalagem de agrotóxico, utilizando planilha de referência, SINAPI, a fim de realizar uma análise quanto a viabilidade socioeconômica para utilização dos blocos na construção civil, como também uma análise comparativa entre o custo do bloco de concreto tradicional e o blocos de concreto com incorporação de embalagens vazias de agrotóxico de 1L

A planilha de referência utilizada foi a SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), com os encargos sociais desonerados referente ao mês de agosto de 2023 para o estado de Pernambuco. Essa tabela amplamente utilizada no orçamento para projetos de construção, mantida pela Caixa Econômica Federal e pelo IBGE, que informa os custos e índices da Construção Civil no Brasil. Os preços de insumos e custos de composição do SINAPI são coletados pelo IBGE, que realiza o tratamento dos dados e a formação dos índices e disponibilizados pela Caixa, que realiza a especificação de insumos, composições de serviços e orçamentos de referência.

O Manual de Metodologia e Conceitos do SINAPI Caixa estabelece que a metodologia empregada para determinar os preços padrão dos insumos é aplicada regularmente em todas as capitais estaduais e no Distrito Federal, durante as duas primeiras semanas do mês de referência. Nesse processo, o IBGE assume a responsabilidade de realizar uma coleta mensal de preços de insumos e equipamentos de construção em cada capital, assim como dos salários das diferentes categorias profissionais. Isso abrange estabelecimentos comerciais previamente

registrados pelo IBGE, bem como informações fornecidas pelos sindicatos da indústria e da construção civil (Oliveira, 2011).

Para determinar a quantidade de cada elemento (cimento, areia, brita, pó de pedra e água) utilizada no concreto para produção de um bloco de concreto em que possui aproximadamente $0,0065\text{m}^3$ de concreto fresco, foi usado as proporções especificadas em relação ao total das partes, que é 6 partes no total (1 parte de cimento + 1,5 partes de areia + 1,5 partes de brita + 1,5 partes de pó de pedra). Os cálculos serão realizados com base na proporção de cada componente, visando à produção de 19 blocos. Visto que cada bloco possui dimensões de $0,15\text{ m} \times 0,35\text{ m}$, sendo necessária essa quantidade para cobrir 1 m^2 . Os cálculos para a mão de obra de pedreiro e servente foram derivados de uma planilha de custos relacionada a serviços similares a execução de alvenaria de vedação de bloco de concreto simples. Os demais custo de produção, quanto à forma, adensamento e transporte não puderam ser contabilizados devido às dificuldades encontradas na avaliação desses elementos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentam-se os resultados derivados dos ensaios laboratoriais realizados nos blocos de concreto de cada família, que incorporaram embalagens de agrotóxicos tríplexes lavadas. Estes ensaios incluem:

- Ensaio de resistência à compressão axial.
- Ensaio de absorção.

4.1 Ensaio de resistência à compressão axial

O ensaio de resistência à compressão foi conduzido de acordo com as diretrizes estabelecidas na NBR 12118/2013. Para cada uma das famílias (T1 e T2), foram encaminhados ao laboratório seis corpos de prova, depois de completados os 28 dias de cura. Conforme estabelece a norma, os blocos passaram por um processo de regularização da superfície e aguardaram 24 horas para cura do capeado, posteriormente, os blocos foram submetidos ao ensaio de compressão axial. Os resultados obtidos para ambas as famílias estão apresentados nas tabelas 5 e 6.

Tabela 6 - Ensaio de resistência à compressão bloco de concreto Família T1.

Data	Bloco	Área Bruta (mm ²)	Resistência (MPa)		Desvio Padrão	Coef. Variação	Parâmetros NBR 6136/2016
			Ind.	Média			Classe B
28 dias	T1-1	51240,0	5,0	6,38	1,02	15,99%	4,0 ≤ f _{bk} < 8,0
	T1-2	52895,0	7,9				
	T1-3	52200,0	7,2				
	T1-4	50832,0	6,2				
	T1-5	53436,0	6,0				
	T1-6	52780,0	6,0				

Fonte: Autora.

Tabela 7 - Ensaio de resistência à compressão bloco de concreto Família T2.

Data	Bloco	Área Bruta (mm ²)	Resistência (MPa)		Desvio Padrão	Coef. Variação	Parâmetros NBR 6136/2016
			Ind.	Média			Classe B
28 dias	T2-1	51480,0	4,2	5,28	0,86	16,29%	4,0 ≤ f _{bk} < 8,0
	T2-2	53605,0	6,7				
	T2-3	54927,0	5,2				
	T2-4	54000,0	5,2				
	T2-5	54720,0	5,7				
	T2-6	54927,0	4,7				

Fonte: Autora.

De acordo com os resultados encontrados na tabela 5 percebemos que o bloco de concreto da família T1, apresentou uma resistência à compressão máxima individual de 7,9 MPa, bem próximo da maior classificação pela norma 6136/2016 (Categoria A). A média dos ensaios da família T1 apresentou uma resistência de 6,38 Mpa, configurando assim a classificação da família na categoria B, bloco de concreto com função estrutural.

Em relação à família T2 a maior resistência foi de 6,7 MPa classificando também este bloco individual na categoria B de acordo com NBR 6136/2016, um pouco distante da categoria máxima (8Mpa), na média da família, a resistência à compressão foi de 5,28 Mpa apresentando uma redução de 17,24% em relação à média da resistência da família T1, essa redução tem uma relação direta com a relação água/cimento (a/c) das famílias, a família T1 com uma relação a/c de 0,5 e a família T2 uma relação a/c de 0,6.

Quando a relação água-cimento é mantida em níveis mais baixos, tipicamente resulta em um concreto de maior resistência. Isso ocorre porque uma menor quantidade de água na mistura permite que a reação de hidratação do cimento aconteça de maneira mais eficiente, formando uma estrutura mais densa e resistente. (Sperandio e Carelli, 2019)

Percebemos na tabela 8 uma relação inversamente proporcional quase perfeita da Resistência à compressão do bloco com a relação a/c, quando aumentamos a relação A/C em 20%, tivemos uma redução de 17,24% na sua resistência. Em relação ao critério de absorção bloco, observamos uma relação diretamente proporcional quase perfeita, quando aumentamos em 20% a relação A/C do bloco, sua absorção aumenta em 19,13%, este aumento de absorção pode estar relacionado com aumento da porosidade do bloco, pois sabemos que quanto maior a relação A/C maior será a porosidade e isto reflete no parâmetro do coeficiente de permeabilidade do bloco.

Tabela 8 - Relação comparativa entre os resultados obtidos e a relação água cimento.

Parâmetro	Família T1	Família T2	Variação (%)
Relação Água Cimento	0,5	0,6	20,00
Média da Resistência à Compressão (mPa)	6,38	5,28	-17,24
Absorção (%)	5,07	6,04	19,13

Fonte: Autora.

Na pesquisa realizada por Souza *et al* (2021) que tinha como objetivo verificar a viabilidade técnica de produzir concreto seco incorporando resíduos de PET para a fabricação de blocos de concreto vazados, com a criação de corpos de prova utilizando concreto seco

com substituição gradual da areia industrial por resíduo de PET em diferentes proporções (0%, 5%, 10%, e 15%). A introdução progressiva do PET na matriz do concreto aumentou a absorção de água e a porosidade dos traços, resultando na redução da resistência à compressão, saindo de 3,44 Mpa (0% de PET), para 1,72 Mpa (15% de PET), todos os ensaios levam a classificação do bloco para a categoria C, abaixo da categoria dos blocos da pesquisa.

Na pesquisa de Ferro *et al*, 2020, que tinha como objetivo demonstrar o uso de garrafas PET e gesso incorporados dentro de blocos de concreto, ao mesmo tempo em que se avalia seu impacto na resistência à compressão. Para conduzir os testes, foram fabricados blocos completos e meios blocos de concreto, alguns contendo garrafas PET vazias e outros com garrafas preenchidas com gesso. Os resultados encontrados foram semelhantes ao encontrados na pesquisa em tela. Os blocos de concreto sem adição de PET e Gesso obteve uma resistência à compressão de 28,16 Mpa, com a adição de Gesso e PET a redução foi para 7,86 Mpa, bem próximo dos resultados obtidos pelos blocos da família T1 da pesquisa em tela.

De acordo com Muller (2015), o ensaio de resistência à compressão assume uma importância central. Essa avaliação assegura que os blocos de concreto demonstrem a capacidade necessária para suportar as cargas solicitadas, contribuindo assim para prevenir potenciais patologias nas construções.

Ao analisar os resultados, é possível observar que todos os blocos da família T1 atingiram resistência mecânica a compressão superior àquela estipulada pela norma. Nesse contexto, quando classificados na categoria B, cujo valor mínimo é de 3,0 MPa, a média de resistência atingida nos testes foi de 6,4 MPa. Da mesma forma, a família T2 também alcançou resultados acima de 3,0 MPa, com uma média de 5,3 MPa. Esses resultados, conforme previsto na NBR 6136/2016, poderiam ser classificados como blocos de classe B, que requerem resistência mínima de 4,0 MPa e máxima de 8,0 Mpa, porém como são blocos não convencionais a norma pede que classifiquemos como categoria C, sem função estrutural.

4.2 Ensaio de absorção

O ensaio de absorção de água seguiu os procedimentos recomendados pela ABNT NBR 12118/2013. Foi selecionado um bloco representativo de cada uma das famílias 1 e 2, totalizando 2 blocos. Esses blocos foram inicialmente submetidos a um processo de secagem em estufa até que atingissem uma massa consistente, sendo então pesados e registrados sua

massa seca (m1). Posteriormente, após os blocos terem alcançado a temperatura ambiente, foram imersos em um tanque de água por um período de 24 horas, sendo novamente pesados e registrados sua massa saturada (m2). Os valores obtidos durante este processo estão detalhados na tabela 9.

Tabela 9 - Ensaio de absorção blocos de concreto

Amostra	Massa seca (g)	Massa saturada (g)	Absorção de água (%)	Parâmetros
				NBR 6136/2016 (Agregado normal)
T1 -1	13570	14390	5,07	≤ 8,0%
T2 - 1	13600	14290	6,04	

Fonte: Autora.

Absorção de água está diretamente relacionada à impermeabilidade dos produtos. O índice de absorção é utilizado como um indicador de durabilidade. O Índice de absorção de água é uma propriedade importante nos blocos construtivos, que mensura de forma indireta a porosidade do bloco, sendo esse índice um indicador da qualidade do material. Os blocos que possuem um índice de absorção de água menor são mais resistentes e possuem uma melhor durabilidade. (Soares, 2022). De acordo com a NBR 6136/2016, a absorção individual para blocos de concreto com agregados leves, independentemente de sua classe (A, B ou C), com ou sem função estrutural, deve ser igual ou inferior a 13%. Os resultados obtidos no ensaio de absorção indicam que tanto a família T1 (com 5,07%) quanto à família T2 (com 6,04%) apresentaram valores de absorção inferiores ao limite estabelecido pela norma. Isso confirma que ambos os grupos obtiveram resultados satisfatórios em relação à absorção de água

Podemos observar uma variação aproximadamente de 19,13% na absorção entre as famílias T1 e T2, sugerindo que a família T2 pode apresentar uma porosidade ligeiramente maior do que a família T1, uma vez que a absorção é indiretamente influenciada pela porosidade na microestrutura do concreto, pela condição de conectividade entre os poros existentes. Essa diferença pode ser atribuída à variação na relação água/cimento entre as famílias, um fator crucial que afeta a quantidade de porosidade, a qual, por sua vez, impacta na resistência e na capacidade de absorção de água, uma vez que a conectividade entre os poros e os defeitos da rede cristalina afetam o desempenho mecânico e a absorção de forma muito semelhante.

Assim, à medida que a relação água/cimento aumentou os coeficientes de absorção também aumentaram. Este fenômeno também foi verificado anteriormente por Zhang e Zong (2014), Castro e Ferreira (2016), Gans (2017) e Pinto et al. (2018). Esse comportamento pode

ser atribuído, em grande parte, à porosidade presente na microestrutura do concreto e à sua permeabilidade, uma vez que ambos são parâmetros amplamente afetados pela relação água/cimento. Vale ressaltar que há uma relação intrínseca entre a resistência mecânica e a porosidade, independentemente de esses poros estarem preenchidos ou vazios. (Stroeher *et al*, 2016)

No estudo conduzido por Barreto et al. em 2014, que avaliou a substituição da areia natural por PET triturado em proporções de 15%, 30% e 45%, foram obtidos resultados de absorção de água variando entre 10% e 17%. Esses resultados estariam em desacordo com a NBR 6136, que estabelece um limite de absorção abaixo de 10% para concreto com agregado convencional. Essa discrepância indica que o uso de materiais reciclados na produção de blocos de concreto sustentável pode apresentar um desempenho inferior em termos de absorção de água quando incorporado no bloco, alinhando-se com o objetivo da pesquisa em questão.

4.3 Análise econômica para produção dos blocos.

A fim de iniciar a análise econômica para a produção dos blocos de concreto incorporando embalagens de agrotóxicos, foi necessário calcular a quantidade dos componentes do concreto fresco necessários para a produção dos blocos. Os resultados das quantidades aproximadas de cada componente utilizadas no concreto estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Quantidade dos componentes do concreto fresco para produção dos blocos.

Material	Quant p/ 01 bloco (m ³)	Quant p/ 19 blocos (m ³)
Cimento	0,0011	0,0209 ou (29,26 KG)
Areia	0,0016	0,0304
Brita	0,0016	0,0304
Pó de pedra	0,0016	0,0304

Fonte: Autora.

Com base nos resultados obtidos na Tabela 11, os coeficientes de incidência para cada insumo utilizado por unidade de serviço foram calculados, juntamente com os valores unitários extraídos da planilha de referência SINAPI/PE de agosto de 2023. Essa etapa possibilitou o cálculo do custo para a construção de 1m² de alvenaria de vedação usando

blocos de concreto que incorporam embalagens de agrotóxicos. Conforme apresentado na Tabela 11, o custo resultante foi de R\$77,60.

Tabela 11- Custo para execução de 1m² de alvenaria de vedação de blocos de concreto com incorporação de embalagens vazias de agrotóxico de 1l.

ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO COM INCORPORAÇÃO DE EMBALAGENS VAZIAS DE AGROTÓXICO DE 1L COM DIMENSÕES 15 X 35 X 15 CM (C X L X A), E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL.						
TIPO ITEM	CODIGO ITEM	DESCRIÇÃO ITEM	UNIDADE ITEM	COEFICIENTE	PREÇO UNITARIO	CUSTO TOTAL
INSUMO	34753	CIMENTO PORTLAND POZOLANICO CP IV-32 KG CR 0,68	KG	29,26	0,68	19,8968
INSUMO	370	AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	M3	0,0304	139	4,2256
INSUMO	4721	PEDRA BRITADA N. 1 (9,5 a 19 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	M3	0,0304	95,2	2,89408
INSUMO	4741	PO DE PEDRA (POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE)	M3	0,0304	89,92	2,733568
COMPOSICAO	87292	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (EM VOLUME DE CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA ÚMIDA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_08/2019	M3	0,0087000	680,90	5,92383
COMPOSICAO	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,73	26,51	19,3523
COMPOSICAO	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,0608	21,28	22,57382
VALOR TOTAL/M ²						77,60

Fonte: Autora.

Esse resultado indica uma redução de aproximadamente 30,40% em comparação com o custo de R\$111,53 para a construção de 1m² de alvenaria de vedação utilizando blocos de concreto convencionais, conforme mostrado na Tabela 12. Embora não tenha sido possível garantir condições idênticas para uma comparação mais precisa, esses resultados sugerem um grande potencial econômico na execução da alvenaria de vedação com a incorporação de embalagens de agrotóxicos, considerando as condições de contorno estabelecidos. Segundo Silva *et al.*, 2022, a escolha do método construtivo mais adequado para uma edificação, com foco na redução de custos e na garantia da qualidade da construção, é frequentemente uma questão crucial.

Tabela 12– Custo para execução de 1m² de alvenaria de vedação de blocos de concreto tradicional com dimensões 19X19X39 cm (espessura 19 cm).

TIPO ITEM	CODIGO ITEM	DESCRIÇÃO ITEM	UNIDADE ITEM	PREÇO UNITARIO
COMPOSIÇÃO	103321	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO DE 19X19X39 CM (ESPESSURA 19 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL	M ²	111,53

Fonte: Adaptado SINAPI/PE (2023).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apresenta-se as principais considerações finais deste trabalho que teve como objetivo identificar alternativa sustentável para uso de embalagens de agrotóxico rígidas vazias triplices lavadas de forma a produzir bloco de concreto para alvenaria de vedação e analisar a viabilidade da incorporação deste material com ênfase no desempenho mecânico dos blocos com esta incorporação.

Testes de laboratório foram realizados para avaliar o comportamento mecânico de bloco de concreto, utilizando embalagens de agrotóxico rígidas vazias como forma interna, além de avaliar a absorção desses blocos.

Inicialmente percebe-se que apesar da inserção das embalagens de agrotóxico rígidas vazias, os blocos, adquirem à resistência à compressão suficiente para a aceitação perante NBR 6136/2016. Apesar disto notou-se que houve uma redução na resistência à compressão do bloco com a mudança da relação A/C.

Ensaio da família T1 apresentou uma resistência de 6,38 Mpa, configurando assim a classificação da família na categoria B, bloco de concreto com função estrutural, com relação água/cimento de 0,5, quando aumenta a relação A/C para 0,6 (Família T2) a resistência cai para 5,28 Mpa, entretanto em todos os ensaios os blocos estão dentro dos requisitos mínimos exigidos pela NBR 6136/2016 classificados na categoria B, todos com requisitos para função estrutural.

Com relação ao ensaio de absorção, também houve aumento da absorção com o aumento da relação A/C, porém todos os valores respeitam o exigido pela NBR 6136/2016.

Os objetivos da pesquisa foram alcançados uma vez que foi desenvolvido uma metodologia de confecção de blocos de concreto prismáticos com a incorporação de embalagens de agrotóxico vazias de 1 litro, foi realizado ensaios de resistência à compressão axial e absorção de água conforme estabelece a ABNT NBR 12118/2013, houve a caracterização dos blocos quanto aos resultados obtidos nos ensaios de resistência a compressão axial e absorção de água de acordo com a ABNT NBR 6136/2016 e com isso avaliamos como favorável a viabilidade técnica e ambiental da produção de blocos para alvenaria de vedação, pois não há uma redução considerável quanto aos parâmetros de resistência mecânica dos blocos, todos os ensaios apresentaram blocos dentro das exigência da ABNT NBR 6136/2016.

Para a análise da viabilidade econômica na produção de blocos de concreto com embalagens de agrotóxicos, foram calculados os componentes do concreto e os coeficientes

de incidência, resultando em uma redução de custos de cerca de 30,40% em comparação com os blocos convencionais. Embora as condições não tenham sido totalmente comparáveis, os resultados indicam um alto potencial econômico

Desta forma esta iniciativa representa não apenas um ganho econômico, mas também um passo em direção à sustentabilidade, ao proporcionar uma possível solução eficaz para a gestão local das embalagens de agrotóxicos nos centros de recebimento do Sistema Campo Limpo. Ao abordar os princípios do tripé da sustentabilidade, considerando os aspectos econômicos, sociais e ambientais, essa proposta busca promover uma abordagem mais holística e responsável para a logística reversa, priorizando eficiência financeira, responsabilidade social e preservação ambiental.

Portanto, a integração bem-sucedida das embalagens de agrotóxicos vazias na produção de blocos de concreto apresenta-se como uma alternativa técnica, econômica e ambientalmente viável, destacando a importância de práticas sustentáveis na indústria da construção civil para garantir o equilíbrio entre desempenho estrutural, preservação ambiental e eficiência econômica.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12.118 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Métodos de ensaio.** Rio de Janeiro, 2013.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14.719 - Embalagem rígida vazia de agrotóxico - Destinação final da embalagem lavada – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2001.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14.935 - Estabelece os procedimentos para a correta e segura destinação final das embalagens de agrotóxicos vazias, não laváveis, não lavadas, mal lavadas, contaminadas ou não, rígidas ou flexíveis.** Rio de Janeiro, 2003.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9.935 - Agregados (Terminologia),** Rio de Janeiro, 2011.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004 Resíduos Sólidos - classificação** - Rio de Janeiro, 2004.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14935 - Embalagem vazia de agrotóxico - Destinação final de embalagem não lavada - Procedimento— Requisitos,** Rio de Janeiro, 2023.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6136 Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Requisitos.** Rio de Janeiro, 2016.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13968: embalagem rígida vazia de agrotóxico: procedimento de lavagem.** Rio de Janeiro, 1997

ARAUJO, A. K. de; GIULIO, G. M. D.. Sustainable development: a narcissistic strategy to cope with the environmental crisis?. **Ambiente & Sociedade**, 23, e00503, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20190050r3vu2020L6AO>

BAPTISTA, L.H.L; BAPTISTA, G.C DE.; BRIOSCHI, D. **Efeito da tríplice lavagem na contaminação residual de embalagens de inseticidas.** I – clorpirifós e monocrotofós. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 15., 1995, Caxambu. Anais... Caxambu: ESAL, 1995.

BARBOSA FERNANDES, A. V.; RIBEIRO AMORIM, J. R **Concreto sustentável aplicado na construção civil.** Caderno De Graduação - Ciências Exatas E Tecnológicas - UNIT - Sergipe, 2(1), 2014, p.79–104. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/cadernoexatas/article/view/109>

BAUER, L. A FALCÃO. **Materiais de Construção.** vl. 2. 5º ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

BARRETO, J. M. L.; COSTA, H. N.; CÂNDIDO L. F. , CORREIO, A. E. B. **Análise das propriedades físicas e mecânicas de blocos de concreto prensados sem função estrutural com incorporação de PET reciclado.** 2023:1-8. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rmat/a/7GSpds4kzSk75tTZZ5KwMpr/>

BOTELHO, M. G. L., PIMENTEL, B. DOS S., FURTADO, L. G., LIMA, M. DO C. S., CARNEIRO, C. R. DE O., BATISTA, V. DE A., MARINHO, J. L. M., MONTEIRO, A. L. P. R., SILVA, T. P. DA, PONTES, A. N.; COSTA, M. DO S. S. **Agrotóxicos na agricultura: Agentes de danos ambientais e a busca pela agricultura sustentável**. Research, Society and Development, 9(8), 2020. e396985806–e396985806. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5806>

BRASIL, Agência Nacional de Transporte Terrestre. **Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos**. Nº 420, de 12 de fevereiro de 2004. Brasília, DF: ANTT, 2004.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 334, de 3 de abril de 2003. **Dispõe sobre os procedimentos de licenciamento ambiental de estabelecimentos destinados ao recebimento de embalagens vazias de agrotóxicos**. Brasília, DF: CONAMA, 2003.

BRASIL. Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro De 2002. **Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências**. Diário Oficial da União. Poder Executivo. Brasília, DF: Congresso Nacional, 2002.

BRASIL. Lei nº 11.445, 5 de janeiro de 2007. **Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978**. Diário Oficial da União. Poder Executivo. Brasília, DF: Congresso Nacional, 2007.

BRASIL. Lei nº 12305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Diário Oficial da União. Poder Executivo. Brasília, DF: Congresso Nacional, 2010.

BRASIL. Lei nº 6.938, d 31 de agosto 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. Diário Oficial da União. Poder Executivo. Brasília, DF: Congresso Nacional, 1981.

BRASIL. Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989. **Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências**. Diário Oficial da União. Poder Executivo. Brasília, DF: Congresso Nacional, 1989.

BRASIL. Lei nº 9.795, DE 27 de abril de 1999. **Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências**. Diário Oficial da União. Poder Executivo. Brasília, DF: Congresso Nacional, 1999.

CASTRO, A., FERREIRA, F. **Effect of particle packing in the durability of high performance concretes**. *Ingeniería de Construcción*. 31(2):91-104. 2016. Disponível em <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732016000200003> Chen, C. T., Chang, J. J..

CHAZALI, Â. C. K. BEZERRA, K. G. SOUSA, K.B.R. S. P., **Disponibilidade de matéria prima na construção civil e o seu impacto ambiental**. 2023:1-8, 2022. Disponível em <https://unifimes.edu.br/ojs/index.php/anais-semana-universitaria/article/view/2281/1479>

CHIQUETTI, S. C.. **Eficiência da Tríplice Lavagem em Unidades de Recebimento de Embalagens de Agrotóxicos**. Campinas, 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo) Universidade Estadual de Campinas, 2005.

FEDERAL, Caixa Econômica. SINAPI. **Referências de Preços e Custos. Brasil, Governo Federal**. Disponível em: <<https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/referencias-precos-insumos/Paginas/default.aspx> > Acesso em: 14 de outubro de 2023.

FERRO, C. H. A.; WATANABE, E. M.; COSTA, L. H. T.; MELHADO M. C; ARAUJO P. R. P.; BARROS E. R.). **Análise da Resistência à Compressão de Blocos de Concreto com garrafas PET e Resíduos Classe C**. 2023:1-8. 2020. Disponível em <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/220509012.pdf>

FLORES, K.B. **Alvenaria Convencional x Alvenaria Estrutural: Vantagens e Desvantagens**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Cuiabá, 2018.

FRASSON JUNIOR, A. **Proposta de metodologia de dosagem e controle do processo produtivo de blocos de concreto para alvenaria estrutural**. 2020. 145 f. Dissertação (mestrado) - Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

GANS, P. S. **Correlação entre a resistividade elétrica e a resistência à Compressão do concreto exposto a ciclos de molhagem e Secagem com cloretos e sulfato**, Dissertação de Mestrado em Engenharia de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

GÓES, H. C. Coleta seletiva, planejamento municipal e a gestão de resíduos sólidos urbanos em Macapá/AP. **Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, n. 3, p. 45-60, 2012.

HYUPPES. E. A.. **Logística Reversa dos Produtos Agrotóxicos: Uma análise sobre a importância das Centrais de recebimento**. Rio de Janeiro, 2016. Perspectivas da Ciência e Tecnologia, v.8, n. 1, 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE PROCESSAMENTO DE EMBALAGENS VAZIAS – InpEV. O processo de destinação de embalagens vazias de agrotóxico . Disponível em: <http://www.inpev.org.br/downloads/fluxo-do-sistema/fluxo_do_sistema_de_destinacao > Acesso em: 18 março 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PROCESSAMENTO DE EMBALAGENS VAZIAS– InpEV **.Relatório de Sustentabilidade 2022**. Disponível em:

<http://https://www.inpev.org.br/noticias-publicacoes/relatorio-sustentabilidade/index>. Acesso em: 18 mar. 2023.

LAVNITCKI, L. BAUM, C. A.; BECEGATO, V. A. Política nacional dos resíduos sólidos: abordagem da problemática no Brasil e a situação na região sul. **Revista Ambiente & Educação** Vol. 23, n. 3, 2018.

MAGALHÃES, E. L. A.; EVANGELISTA; T. O. **Análise comparativa da resistência entre as propriedades mecânicas do concreto de alvenaria estrutural com PEAD reprocessado como agregado e concreto convencional: Ensaio em laboratório de materiais de Construção Civil da UNIFACS, Salvador-BA.** 2023. Disponível em <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/35309>

NASCIMENTO, R. M.. **Impactos dos agrotóxicos na contaminação ambiental da produção de hortaliças no baixo Rio Natuba, Pernambuco.** Recife, 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal De Pernambuco, 2013.

OLIVEIRA, J., LIMA, A., MININI, D., SILVA, E. Usos, efeitos e potencial tóxico dos agrotóxicos na qualidade do solo. **Agrarian Academy**, 2018.

ONU BRASIL. Organização das Nações Unidas no Brasil. 2017. **ONU no Brasil.** Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pesticidas-matam-200-mil-pessoas-por-intoxicacao-aguda-todo-ano-alertam-especialistas>. Acesso em: 18/02/23.

PAIVA, B. K. V.; SANTOS, G. O. **Embalagens vazias de agrotóxicos no ceará: um estudo preliminar sobre a problemática social, ambiental e da saúde do trabalhador.** Conex. Ci. e Tecnol. Fortaleza/CE, v.12, n. 1, p. 61 - 71, mar. 2018.

PINTO, S. R., MACEDO, A. L. A., MEDEIROS-JUNIOR, R. A. **Effect of preconditioning temperature on the water absorption of concrete.** *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*. 3(3):p.1-10, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s41024-018-0032-6>

QUENTAL, R. L. **O Uso de Produtos Agrotóxicos: Destinação das Embalagens.** Juazeiro do Norte, 2020. Monografia (Graduação em Administração) Centro Universitário Doutor Leão Sampaio, 2020.

RAMOS, J. C. O, MARTINS-PONGELUPPI, T. D.; RODRIGUES, G. A., BOVÉRIO, M. A.; PROENÇA, U. C. M. **Riscos do descarte inadequado de embalagens de agrotóxicos.** VIII Sintagro – Simpósio Nacional de Tecnologia em Agronegócio, 2016.

RAUBER, M. E. Apontamentos sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei Federal 12.305, de 02/08/2010. **Revista Eletrônica Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. v.4,n.4. 2011.

ROLIM, C. R. C. **Agrotóxicos e as repercussões na saúde dos trabalhadores rurais: revisão de literatura.** Universidade Federal de Campina Grande - UFCG 2018.

ROMA, J. C. Os objetivos de desenvolvimento do milênio e sua transição para os objetivos de desenvolvimento sustentável. **Revista Ciência e Cultura**. Versão on line. v.71, n.1, São

Paulo, Jan-Mar, 2019.

ROSSETTI, M. F., STOKER, C., RAMOS, J. G. **Agrochemicals and neurogenesis. Molecular and Cellular Endocrinology**, 510, 110820, 2020.

OLIVEIRA, J. S. **Custos na Construção Civil Brasileira..** Monografia (Especialização) - Curso de Ciências Econômicas, Centro Sócio, Econômico. Departamento de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/121088/298986.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 9 de outubro .2023.

SILVA N. C., MINARI, C. F. J., FLORIAN F. **Estudo comparativo entre alvenaria estrutural em blocos de concreto versus paredes em concreto moldadas no local da edificação: Viabilização econômica.** Universidade de Araraquara. São Paulo, 2022.

SOARES. B. DE O. **Utilização de Resíduos de Tijolos cerâmicos da fabricação de Tijolos Sustentáveis.** Recife, 2022. Dissertação (Mestrado profissional em gestão ambiental) Instituto Federal de Pernambuco, 2022.

Stroeher, J. C. K.; Liberatori. J. W. de Camargo; Zimmer. A. (2016), **A Permeabilidade em Blocos de Concreto.** 2023:07-09.
<https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/ScientiaTec/article/view/6723>

ZHANG, S. P., ZONG, L. **Evaluation of Relationship between Water Absorption and Durability of Concrete Materials.** *Advances in Materials Science and Engineering*. 2014. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1155/2014/650373>

ANEXO A – Boletim de Resultados Ensaio de Resistência à Compressão (Laboratório de Geotécnica e de tecnologia do Concreto e da Construção Civil – LGTC)

 Consultoria em Engenharia Civil Rua Carlos Gomes, 88 Madalena CEP-50720-110 jov@jovenharia.com.br / 81 3019-0941; 81 99994-1449		LABORATÓRIOS DE GEOTECNIA E DE TECNOLOGIA DO CONCRETO E DA CONSTRUÇÃO CIVIL - LGTC												
SERVIÇO: ENSAIOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO SIMPLES PARA ALVENARIA ABNT NBR 12118.2013 - RBC 002.2023 (IFPE)										RELATÓRIO RRBC(Q)002.2023(IFPE)		DATA: 16.06.2023		
CONTRATANTE: Meza Engenharia CONTATO: Eng ^a Mirella Faustino					SERVIÇO/OBRA: Estudo para o IFPE LOCALIZAÇÃO:					REGISTROS NO LGTC Serviço: RBC 002.2023 (IFPE) Data de entrada das amostras:				
FORNECEDOR DOS BLOCOS: IFPE DATA DE FABRICAÇÃO DOS BLOCOS: 19/04/2023 LOTE: 001					TIPO DO BLOCO: Blocos de concreto DIMENSÕES NOMINAIS (cm): não disponível			fbk: Informação não disponível	CÓDIGOS DE IDENTIFICAÇÃO DOS BLOCOS: Lote 01 Amostra Única (06 Blocos) (Blocos: B01 a B06)					
NOTA FISCAL: Informação não disponível DATA DA NOTA FISCAL: Informação não disponível					CLASSE DO BLOCO: informação não disponível									
QUADRO DE RESULTADOS - ENSAIO: DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO SIMPLES PARA ALVENARIA ABNT NBR 12118.2013														
DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DOS BLOCOS ESTRUTURAIS INVESTIGADOS E PLANILHA DE CÁLCULO DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS													Data do Ensaio: 17.05.23	
BLOCOS ESTRUTURAIS INVESTIGADAS					DIMENSÃO DOS BLOCOS			ÁREA BRUTA (mm²)	PAREDE DOS BLOCOS			FURO (mm)	CARGA DE RUPTURA (kgf)	RESISTÊNCIA INDIVIDUAL (MPa)
LOTE	AMOSTRA	BLOCOS	LOCAL DE APLICAÇÃO	DATA DE FABRICAÇÃO	LARGURA MÉDIA (mm)	ALTURA MÉDIA (mm)	COMPRIMENTO MÉDIO (mm)		LONGITUDINAL (mm)	TRANSVERSAL (mm)	EQUIVALENTE (mm/mm)			
L0001 TRAÇO 01	Única (06 Blocos)	B01	vedação	19/04/2022	140,0	148,0	366,0	51240,0			0,0		26220	5,0
		B02	vedação	19/04/2022	149,0	155,0	355,0	52895,0			0,0		42630	7,9
		B03	vedação	19/04/2022	145,0	154,0	360,0	52200,0			0,0		38380	7,2
		B04	vedação	19/04/2022	144,0	145,0	353,0	50832,0			0,0		32190	6,2
		B05	vedação	19/04/2022	146,0	147,0	366,0	53436,0			0,0		32930	6,0
		B06	vedação	19/04/2022	145,0	148,0	364,0	52780,0			0,0		32130	6,0
TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS:					+/- 2 mm	+/- 3 mm	+/- 3 mm	PAREDES:	- 1 mm	- 1 mm	-			
Responsável pela preparação e ensaios com os blocos: (JOVENHARIA)					Gerente do Laboratório: (JOVENHARIA)			Eng ^o Responsável: (JOVENHARIA)			Eng ^o Supervisor do Laboratório: (JOVENHARIA)			
Lab. Diego Melo/ Engando Pedro Santos					Eng ^o Ivaldo Brasileiro CRE PE 055052			Eng ^o Ivaldo Brasileiro CRE PE 055052			José Orlando Vieira Filho - CREA PE 004274 D (Ex - Engenheiro Civil e Urbanista pelo IFPE)			

 Consultoria em Engenharia Civil Rua Carlos Gomes, 88 Madalena CEP-50720-110 jov@jovenharia.com.br / 81 3019-0941; 81 99994-1449		LABORATÓRIOS DE GEOTECNIA E DE TECNOLOGIA DO CONCRETO E DA CONSTRUÇÃO CIVIL - LGTC												
SERVIÇO: ENSAIOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO SIMPLES PARA ALVENARIA ABNT NBR 12118.2013 - RBC 002.2023 (IFPE)										RELATÓRIO RRBC(Q)002.2023(IFPE)		DATA: 16.06.2023		
CONTRATANTE: Meza Engenharia CONTATO: Eng ^a Mirella Faustino					SERVIÇO/OBRA: Estudo para o IFPE LOCALIZAÇÃO:					REGISTROS NO LGTC Serviço: RBC 002.2023 (IFPE) Data de entrada das amostras:				
FORNECEDOR DOS BLOCOS: IFPE DATA DE FABRICAÇÃO DOS BLOCOS: 19/04/2023 LOTE: 001					TIPO DO BLOCO: Blocos de concreto DIMENSÕES NOMINAIS (cm): não disponível			fbk: Informação não disponível	CÓDIGOS DE IDENTIFICAÇÃO DOS BLOCOS: Lote 01 Amostra Única (06 Blocos) (Blocos: B01 a B06)					
NOTA FISCAL: Informação não disponível DATA DA NOTA FISCAL: Informação não disponível					CLASSE DO BLOCO: informação não disponível									
QUADRO DE RESULTADOS - ENSAIO: DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO SIMPLES PARA ALVENARIA ABNT NBR 12118.2013														
DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DOS BLOCOS ESTRUTURAIS INVESTIGADOS E PLANILHA DE CÁLCULO DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS													Data do Ensaio: 17.05.23	
BLOCOS ESTRUTURAIS INVESTIGADAS					DIMENSÃO DOS BLOCOS			ÁREA BRUTA (mm²)	PAREDE DOS BLOCOS			FURO (mm)	CARGA DE RUPTURA (kgf)	RESISTÊNCIA INDIVIDUAL (MPa)
LOTE	AMOSTRA	BLOCOS	LOCAL DE APLICAÇÃO	DATA DE FABRICAÇÃO	LARGURA MÉDIA (mm)	ALTURA MÉDIA (mm)	COMPRIMENTO MÉDIO (mm)		LONGITUDINAL (mm)	TRANSVERSAL (mm)	EQUIVALENTE (mm/mm)			
L0001 TRAÇO 02	Única (06 Blocos)	B01	vedação	14/04/2022	143,0	150,0	360,0	51480,0			0,0		22150	4,2
		B02	vedação	14/04/2022	151,0	151,0	355,0	53605,0			0,0		36410	6,7
		B03	vedação	14/04/2022	153,0	153,0	359,0	54927,0			0,0		29330	5,2
		B04	vedação	14/04/2022	150,0	150,0	360,0	54000,0			0,0		28730	5,2
		B05	vedação	14/04/2022	152,0	152,0	360,0	54720,0			0,0		31540	5,7
		B06	vedação	14/04/2022	153,0	153,0	359,0	54927,0			0,0		26190	4,7
TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS:					+/- 2 mm	+/- 3 mm	+/- 3 mm	PAREDES:	- 1 mm	- 1 mm	-			
Responsável pela preparação e ensaios com os blocos: (JOVENHARIA)					Gerente do Laboratório: (JOVENHARIA)			Eng ^o Responsável: (JOVENHARIA)			Eng ^o Supervisor do Laboratório: (JOVENHARIA)			
											José Orlando Vieira Filho - CREA PE 004274 D (Ex - Engenheiro Civil e Urbanista pelo IFPE)			