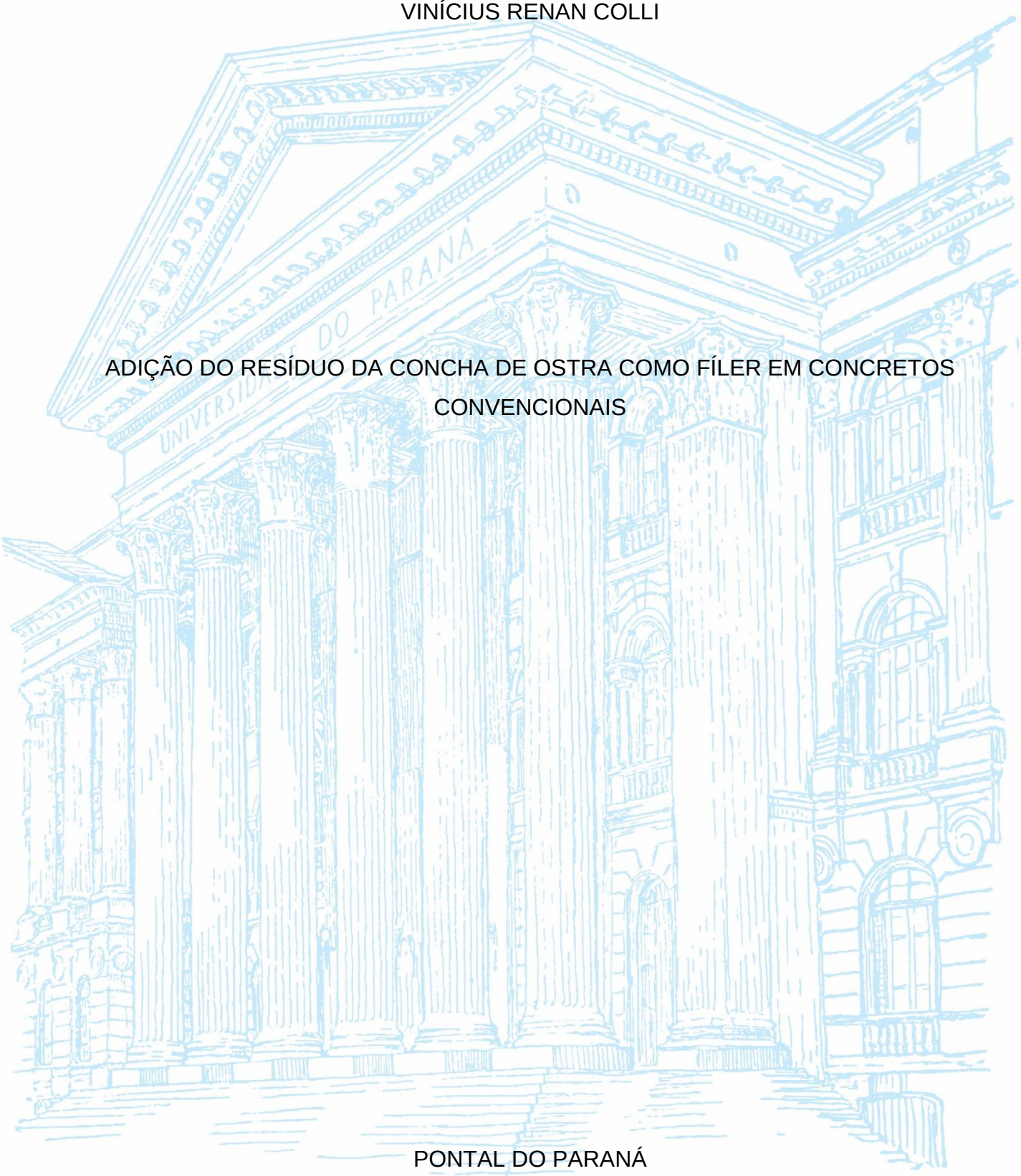
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

VINÍCIUS RENAN COLLI



ADIÇÃO DO RESÍDUO DA CONCHA DE OSTRA COMO FÍLER EM CONCRETOS CONVENCIONAIS

PONTAL DO PARANÁ

2024

VINÍCIUS RENAN COLLI

ADIÇÃO DO RESÍDUO DA CONCHA DE OSTRA COMO FÍLER EM CONCRETOS CONVENCIONAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Civil do Campus Avançado Pontal do Paraná - Centro de Estudos do Mar - Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Daniela Evaniki.

PONTAL DO PARANÁ

2024

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DO CENTRO DE ESTUDOS DO MAR

Colli, Vinícius Renan
C683a Adição do resíduo da concha de ostra como fíler em concretos convencionais / Vinícius Renan Colli. – Pontal do Paraná, 2024.
1 arquivo [57 f.] : PDF.

Orientadora: Profa. Dra. Daniela Evaniki

Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Paraná, Campus Pontal do Paraná, Centro de Estudos do Mar, Curso de Engenharia Civil.

1. Concreto - Mistura. 2. Produtos reciclados. 3. Resíduos como material de de construção. 4. Concha. 5. Sustentabilidade. I. Evaniki, Daniela. II. Título. III. Universidade Federal do Paraná.

CDD – 620.136

Bibliotecária: Fernanda Pigozzi CRB-9/1151

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ATA DE REUNIÃO

TERMO DE APROVAÇÃO

VINICIUS RENAN COLLI

“ADIÇÃO DO RESÍDUO DA CONCHA DE OSTRA COMO FÍLER EM CONCRETOS CONVENCIONAIS”

Monografia aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos membros:

Profª. Drª. Daniela Evaniki

Prof. Orientador - CPP-CEM/UFPR

Prof. Dr. Fernando Augusto Silveira Armani

CPP-CEM/UFPR

Prof. Msc. Paulo Eduardo de Melo Paris

Unifacear

Pontal do Paraná, 16 de agosto de 2024

Documento assinado eletronicamente por **DANIELA EVANIKI**, **VICE / SUPLENTE COORDENADOR(A) DE CURSO DE GRADUACAO (CURSO DE ENGENHARIA CIVIL) - PP**, em 22/08/2024, às 09:02, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.

Documento assinado eletronicamente por **Paulo Eduardo de Melo Paris**, **Usuário Externo**, em 22/08/2024, às 11:48, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.

Documento assinado eletronicamente por **FERNANDO AUGUSTO SILVEIRA ARMANI**, **PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 22/08/2024, às 11:54, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.

A autenticidade do documento pode ser conferida aqui informando o código verificador **6926961** e o código CRC **16764BC2**.

Aos meus pais, que me ensinaram que o estudo é o caminho mais seguro para a prosperidade.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por terem me ensinado desde criança o valor do estudo, e por terem me dado o suporte necessário para superar os desafios da graduação.

Aos meus amigos, os quais passamos muitas e muitas tardes e noites estudando juntos, sempre com muito espírito de equipe, em busca de chegarmos todos juntos a este mesmo objetivo.

À minha professora orientadora, Daniela Evaniki, por ter me orientado da melhor forma possível ao longo desse trabalho, e seu marido, que disponibilizou de seu tempo para ajuda na realização dos concretos no presente trabalho.

Aos maricultores de Cabaraquara – Guaratuba pela disponibilização das conchas de ostra; à BRF Engenharia, pelo fornecimento dos diversos agregados utilizados; e à DCamargo Betoneiras, por gentilmente disponibilizar, sem custos, o equipamento para a mistura dos concretos.

Por fim, a todos os meus amigos, familiares, aos que estiveram presentes em minha vida oferecendo apoio durante esse percurso, sempre me incentivando e colaborando para que eu alcançasse meu objetivo.

“Nada se cria, nada se perde, tudo se transforma.”

(Antoine-Laurent de Lavoisier, 1773)

RESUMO

O Resíduo Da Concha da Ostra (RCO) é um produto derivado do consumo de ostras e é constituído de um elevado teor de carbonato de cálcio ($CaCo_3$). Com base nisso, o objetivo da pesquisa é analisar a incorporação do RCO como fíler em concretos tradicionais, visando encontrar uma aplicação viável para este subproduto e promover a utilização do concreto reciclado, contribuindo para a sustentabilidade. Coletou-se o RCO em Cabaraquara – Guaratuba/PR e em laboratório foi lavado, secado ao sol e triturado por um moinho de bolas, por fim peneirado na peneira 0,075mm. Foram executados três diferentes traços de concretos, utilizando 0%, 2,5% e 5% de RCO sobre a massa de cimento. Os resultados demonstraram que a adição de 2,5% obteve os melhores resultados no que se diz respeito a resistência mecânica do concreto, seguido de 0 e 5%, respectivamente, manifestando ser uma alternativa viável para a destinação do resíduo. Quanto a plasticidade, verificou-se que concretos com 5% de RCO apresentaram uma maior coesão e trabalhabilidade devido ao empolamento de partículas e preenchimento de vazios. A análise da resistência mecânica e plasticidade do concreto é de suma importância para avaliar a qualidade do concreto, sua resistência e durabilidade a curto e longo prazo.

Palavras-chave: resíduo da concha de ostra; concreto reciclado; sustentabilidade.

ABSTRACT

Oyster Shell Waste (OSW) is a byproduct of oyster consumption and consists of a high calcium carbonate (CaCO3) content. Based on this, the objective of the research is to analyze the incorporation of OSW as a filler in traditional concretes, aiming to find a viable application for this byproduct and to promote the use of recycled concrete, contributing to sustainability. The OSW was collected in Cabaraquara – Guaratuba/PR, washed in the laboratory, sun-dried, and ground with a ball mill, and finally sieved through a 0.075mm sieve. Three different concrete mixes were prepared using OSW contents of 0%, 2.5%, and 5% by cement weight. The results showed that the addition of 2.5% achieved the best results regarding the mechanical strength of the concrete, followed by 0% and 5%, respectively, demonstrating it to be a viable alternative for waste disposal. In terms of plasticity, it was found that concretes with 5% OSW presented greater cohesion and workability due to the packing of particles and void filling. The analysis of the mechanical strength and plasticity of the concrete is of utmost importance to evaluate the quality of the concrete, its strength, and its short and long-term durability.

Keywords: Oyster shell waste; recycled concrete; sustainability.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO CARACTERÍSTICA ESTIMADA. 22
FIGURA 2 - FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA DO TRABALHO. 31
FIGURA 3 - CABARAQUARA - GUARATUBA/ PR. 32
FIGURA 4 - RCO SECO AO AR LIVRE 32
FIGURA 5 -MOINHO DE BOLAS. 33
FIGURA 6 - PENEIRAS UTILIZADAS. 35
FIGURA 7 – ENSAIO DE MASSA ESPECÍFICA REAL COM O FRASCO DE LE CHATELIER E RCO. 37
FIGURA 8 - PREPARO DO CONCRETO NA BETONEIRA. 39
FIGURA 9 -(A) COMPRIMENTO DO CORPO DE PROVA; (B) DIÂMETRO DO CORPO DE PROVA.....39
FIGURA 10 - CONCRETO FRESCO INSERIDO NOS MOLDES CILÍNDRICOS. 40
FIGURA 11 -EXECUÇÃO DO ENSAIO DE ABATIMENTO DO CONCRETO. 41
FIGURA 12 -EXECUÇÃO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO. 42
FIGURA 13 - CURVA GRANULOMÉTRICA DO RCO 44
FIGURA 14 - PERFIL DE RESISTÊNCIA MECÂNICA (MPA). 47

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - GRANULOMETRIA DO RCO. 34
TABELA 2 -MATERIAL UTILIZADO EM CADA COMPOSIÇÃO. 34
TABELA 3 - LIMITES DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO MIÚDO. 36
TABELA 4 - COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO RCO. 43
TABELA 5 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO RCO. 45
TABELA 6 - RESULTADO DO ABATIMENTO DO CONCRETO. 46
TABELA 7 - RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA MECÂNICA. 47

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

RCO - Resíduo da concha da ostra;
$CaCO_3$ - Carbonato de cálcio;
RCD - Resíduos da Construção e Demolição;
CCA - Cinzas da casca de arroz;
PVC - Policloreto de vinila;
COT - Concha de ostra triturada;
IBGE - Instituto brasileiro de geografia e estatística;
MEV - Microscopia eletrônica de varredura;
Fck - Resistência Característica do Concreto à Compressão;
FRX - Fluorescência de Raio X;

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 15
1.1 OBJETIVOS 16
1.1.1 OBJETIVO GERAL 16
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 16
1.2 JUSTIFICATIVA 16
2 REFERENCIAL TEÓRICO 18
2.1 CONCRETOS DE CIMENTO PORTLAND 18
2.1.1 COMPOSIÇÃO DO CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND 18
2.2 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL 19
2.3 CONCRETO RECICLÁVEL 20
2.3.1 UTILIZAÇÃO DO CONCRETO RECICLÁVEL NA CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS 20
2.3.2 UTILIZAÇÃO DO CONCRETO RECICLÁVEL EM ELEMENTOS ESTRUTURAIS 21
2.4 ADIÇÕES EM CONCRETO 22
2.5 RESÍDUO DA CONCHA DA OSTRA (RCO) 24
2.5.1 PROBLEMÁTICA DO DESCARTE DO RESÍDUO DA CONCHA DE OSTRA 25
2.5.2 APLICAÇÕES DO RESÍDUO DA CONCHA DA OSTRA 26
2.5.3 RESÍDUO DA CONCHA DA OSTRA EM CONCRETOS E ARGAMASSAS 27
3 METODOLOGIA 31
3.1 COLETA DO RCO 31
3.1.1 HIGIENIZAÇÃO E SECAGEM DO RCO 32
3.1.2 PROCESSO DE MOAGEM E PENEIRAMENTO 33
3.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO RCO 35
3.2.1 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA 35
3.2.2 MASSA ESPECÍFICA REAL 36
3.3 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO RCO 37
3.3.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA POR FLUORESCÊNCIA DE RAIOS-X 38
3.4 EXECUÇÃO DO CONCRETO E SEUS ENSAIOS 38
3.4.1 ENSAIO DE ABATIMENTO DO CONCRETO 40
3.4.2 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO 41
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS 43

4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA.....43
4.1.1 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA.....43
4.1.2 MASSA ESPECÍFICA REAL.....44
4.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA.....45
4.2.1. ANÁLISE POR FLUORESCÊNCIA DE RAIO X.....45
4.3 CONCRETO COM ADIÇÃO DE RCO – ENSAIO DE ABATIMENTO.....46
4.4 CONCRETO COM ADIÇÃO DE RCO – RESISTÊNCIA MECÂNICA.....46
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....49
6 REFERÊNCIAS.....51

1 INTRODUÇÃO

Em razão da grande extensão da costa brasileira, a malacocultura (cultivo de moluscos) surgiu como uma oportunidade de fonte de renda para pescadores. Todavia, existem problemas relacionados ao despejo dos resíduos sólidos provenientes dessa prática, caracterizados pelo seu descarte inadequado (Petrielli, 2008).

Um desses resíduos é o Resíduo da Concha de Ostra (RCO), subproduto este proveniente da produção de ostras, representa aproximadamente 90% da massa total da ostra, contribuindo para uma imensa geração de resíduos (Wang *et al.,* 2013).

Segundo Rosa (1997), o RCO, geralmente, é depositado de forma incorreta, a maior parte (52,1%) é devolvido ao oceano e o restante é despejado em praias, em aterros ou lixões, e não há destino apropriado ou reutilização.

O maior problema que o descarte inadequado deste material apresenta é a decomposição da matéria orgânica, que permite a colonização de micro-organismos patogênicos, podendo ser transmitidos ao homem e aos animais por meio dos insetos, causando enfermidades. Maricultores relataram problemas como desgastes e incrustações nos próprios materiais dos cultivos e casos de lesões de banhistas, este último relacionado ao contato com a concha de maneira acidental, cortante, que aparecem nas praias devido ao descarte indevido no mar, junto a ação das correntes e das ondas (Silva, 2007; Petrielli, 2008). Além disso, o RCO quando descartado inadequadamente no meio ambiente, pode provocar alterações intensas na água e no ar e que quando reaproveitados, essas possibilidades são reduzidas, contribuindo para uma sociedade mais equilibrada e responsável (Evaniki, Silva e Colli, 2023).

De acordo com Oliveira (2000), a composição química do RCO baseado na espécie *Ostrea gigas thunberg talienwhanensis crosse* ou *Rivularis gould* resume-se de 80 a 95% de carbonato de cálcio, e o restante (5 a 20%) de compostos orgânicos.

O carbonato de cálcio ($CaCO_3$) é usado na composição de diversos produtos, tais quais: cimentos, cales, cargas em polímeros, blocos cerâmicos e de concreto, pavimentação, pasta de papel, mármore compacto, adubos e pesticidas, rações para animais, espumas de polietileno, produção de talco, fabricação de vidros, produção de vernizes e borrachas, correção de solos, medicamentos, entre outros (Chierighini, 2011).

Portanto, uma opção de utilização do RCO seria a incorporação do material como adição em concretos. As adições podem ter diversas finalidades, como aumentar a resistência, melhorar o empacotamento de partículas, colorir o concreto, diminuir o calor de hidratação, entre outras.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a adição do resíduo da concha de ostra (RCO) como fíler em concretos convencionais.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a caracterização física do resíduo da concha de ostra, através dos ensaios de granulometria e massa específica;
- Realizar a caracterização química do resíduo da concha de ostra através do ensaio de Fluorescência de Raios-X;
- Aplicar o RCO, como adição em um concreto convencional, em porcentagens de 2,5% e 5% e avaliar suas características no estado fresco e endurecido, em comparação com concreto sem adições;

1.2 JUSTIFICATIVA

Segundo Loffi (2014), a extração de vários bens minerais está intimamente ligada ao crescimento socioeconômico de uma país. Esses recursos são transformados e distribuídos para uma variedade de classes sociais, estabelecendo uma relação direta entre o consumo de bens minerais, o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida.

O estado do Paraná apresenta uma grande atividade de malacocultura, contribuindo para alterar o meio-ambiente da região. Segundo dados do IBGE, no ano de 2022, produziu-se 153.802 quilos de moluscos (ostras, vieiras e mexilhões), representando um aumento de quase 100% comparado a dados de cinco anos atrás, indicando ser uma atividade que está em franco crescimento.

A indústria da malacocultura apresenta um enorme potencial de desenvolvimento, contudo sua produção gera uma grande quantidade de subprodutos que não são aproveitados, gerando descarte inadequado e possíveis riscos à saúde da população. No entanto, esses subprodutos detém um grande potencial de aplicação em setores diversos e podem gerar uma alternativa a fonte de renda aos seus cultivadores (Siqueira, 2021).

Sob essa perspectiva, o ramo da engenharia civil se destaca pelas diversas possibilidades de utilização de recursos visando o desenvolvimento sustentável. A incorporação de resíduos em concretos, seja como adição ou substituição, caracteriza o concreto reciclável e representa uma grande parte das pesquisas atuais que buscam aliar sustentabilidade e construção civil.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONCRETOS DE CIMENTO PORTLAND

O cimento Portland é de extrema importância na indústria da construção civil, e é considerado um dos materiais mais importantes para o desenvolvimento e progresso da humanidade. Seu uso como componente básico do concreto permite a criação de estruturas duráveis, seguras e de alta resistência, que desempenham um papel fundamental na construção de infraestruturas e edifícios em todo o mundo (Ibracon, 2007).

O concreto de cimento Portland é um produto compósito resultante da ação de um aglomerante hidráulico sobre uma mistura de materiais pétreos ou não, com a capacidade de formar estruturas monolíticas utilizadas na construção civil. Diversos pesquisadores sugerem uma divisão em três componentes distintos: os agregados miúdos e graúdos, a pasta de cimento e os vazios presentes nos corpos formados (Kerber e Roman, 1994).

Segundo a *Federación Iberoamericana de Hormigón Premesclado* (FIHP), o consumo médio de concreto se dá por 1,9 tonelada/ano por habitante do planeta, o que resulta em aproximadamente 11 bilhões de toneladas/ano produzidos para suprir a demanda da humanidade. No Brasil, o concreto que sai de centrais dosadoras são aproximadamente 30 milhões de metros cúbicos (REVISTA CONCRETO & CONSTRUÇÕES, n. 53, 91 jan./mar. 2009, p.13).

2.1.1 COMPOSIÇÃO DO CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND

O concreto é um material compósito, que é constituído por cimento, água, agregado miúdo (areia) e agregado graúdo (pedra ou brita). O concreto pode opcionalmente conter adições e aditivos químicos, visando melhorar ou modificar suas propriedades básicas (Bastos, 2019).

Segundo Andolfato (2002), a combinação de cimento e água resulta no desenvolvimento do material ligante, enquanto os agregados, chamados de materiais inertes, atuam com a função de gerar volume a mistura. Embora necessite de pouca água para iniciar a reação química com o cimento, adiciona-se uma quantidade maior

para proporcionar trabalhabilidade e permitir uma inclusão de uma maior quantidade de agregados.

Segundo Da Fonseca (2010), nos últimos anos, houve um aumento significativo no uso de adições minerais na construção civil, com uma proporção considerável vindo de resíduos industriais, como sílica ativa, cinzas volantes, escórias de alto-forno e fíler. Esse crescimento reflete a procura por alternativas sustentáveis e econômicas no ramo da construção civil.

2.2 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil é uma das atividades que mais contribuem com ações que alteram o meio ambiente. Em todas as suas etapas há formação de resíduos, consumindo grandes quantidades de recursos naturais e fontes de energia não renováveis (Gonçalves *et al.,* 2014).

Hoje, a indústria da construção civil é amplamente reconhecida como uma atividade de extrema importância para o crescimento econômico e o progresso social. No entanto, é importante ressaltar que esta indústria também está associada a impactos ambientais significativos. Esta indústria utiliza entre 20% e 50% de todos os recursos naturais disponíveis do nosso planeta (Brasileiro, *et al.,* 2015).

De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2012), foi estimado que, no ano de 2012, as cidades brasileiras realizaram a coleta de mais de 35 milhões de toneladas de Resíduos de Construção e Demolição (RCD), correspondendo a cerca de 55% do total de resíduos sólidos urbanos coletados naquele ano.

Segundo Batista (2008), é viável reutilizar os resíduos brutos da construção civil, permitindo sua reutilização na composição de novos artefatos, como blocos de concreto, mesas, bancos, pisos intertravados, guias, sarjetas, cascalhos para pavimentação, entre outros. Esta prática ajuda na extensão do ciclo de vida das matérias-primas, que antes eram descartadas, e promovem a sustentabilidade na construção civil.

2.3 CONCRETO RECICLÁVEL

O concreto com agregado reciclado é uma alternativa que utiliza resíduos triturados para substituir parcial ou totalmente o agregado convencional. Ao contrário dos concretos convencionais, que são obtidos a partir de brita, seixos e areias lavadas de rios e possuem baixa porosidade, a resistência e a durabilidade do concreto convencional são controladas principalmente pela porosidade da pasta de cimento. Por outro lado, o agregado reciclado tem uma porosidade maior em comparação com os agregados convencionais de brita e areia natural. Consequentemente, a resistência e a durabilidade deste tipo de concreto são afetadas não só pela porosidade da pasta de cimento, mas também pela porosidade do próprio agregado reciclado, que facilmente pode ultrapassar os 10%. A diferença fundamental entre o concreto convencional e o concreto com agregados reciclados é, portanto, a porosidade (Ângulo e Figueiredo, 2011).

Existem métodos para reciclar o concreto fresco e endurecido. No primeiro, os agregados são separados e a água de lavagem, que contém partículas de cimento, é reciclada para novas misturas. No segundo, o concreto endurecido é temporariamente revertido ao estado plástico antes da reciclagem, permitindo que as partículas de cimento não-hidratadas nos agregados reciclados aumentem a disponibilidade de cimento para novas misturas (Rashwan, *et al.,* 1997).

2.3.1 UTILIZAÇÃO DO CONCRETO RECICLÁVEL NA CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS

De acordo com a Federal Highway Administration (2004), o uso do concreto reciclado em bases e sub-bases de pavimentação asfáltica apresentou resultados extremamente positivos, indicando que o resíduo obteve uma performance superior aos agregados virgens. A angularidade do agregado reutilizado colabora para uma maior resistência da base, acarretando poder suportar uma maior capacidade de carga. A confecção de sub-base com parcela de agregado reciclado fornece uma camada durável para a pavimentação, melhorando sua capacidade estrutural e consequente vida útil do pavimento. Em países com alto índice de estradas de concreto, sua utilização gera grande economia tanto de matéria-prima virgem quanto

no transporte, em razão do material ser proveniente do mesmo local da obra, evitando a necessidade de descartar o pavimento existente.

Neto, Amorim e Ingunza (2019) realizaram estudos considerando a viabilidade técnica de misturas de concreto asfáltico pré-misturadas a frio compostas com agregados de Resíduos da Construção e Demolição (RCD). Testes utilizando Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) notaram que o uso do RCD resultou em melhorias significativas na coesão superficial do concreto asfáltico, assim como sua estabilidade. Com o método de dosagem Marshall, obtiveram resultados volumétricos dentro dos parâmetros aceitáveis para utilização da mistura. Com isso, confirmou-se a viabilidade na utilização do RCD em pavimentos de baixo tráfego, acarretando num grande potencial econômico e ambiental.

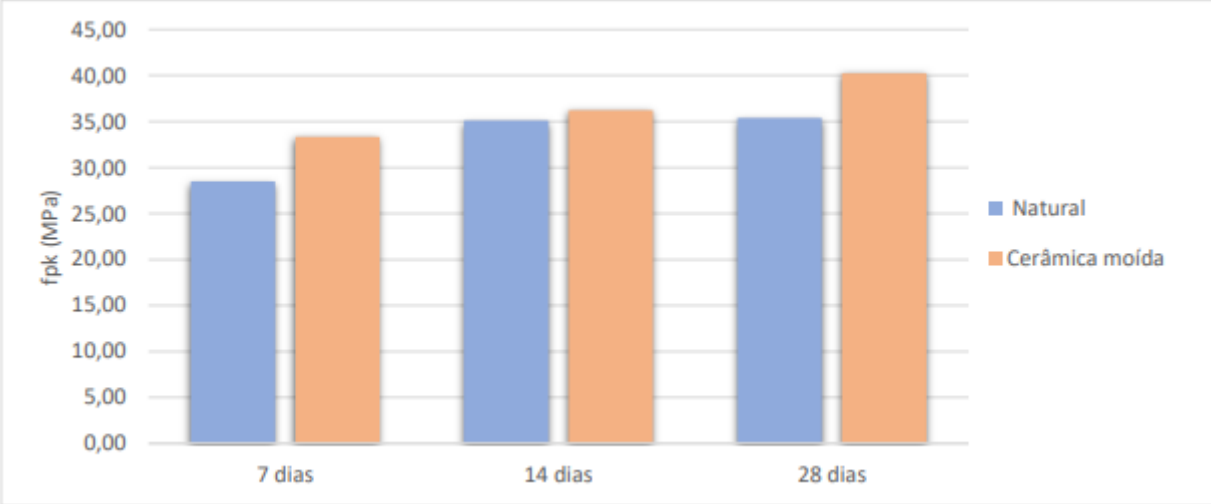
2.3.2 UTILIZAÇÃO DO CONCRETO RECICLÁVEL EM ELEMENTOS ESTRUTURAIS

O concreto reciclado tem demonstrado um desempenho positivo em diversas aplicações em obras urbanas, proporcionando economia nos custos da construção. É possível utilizá-lo em concretos para: bases de pavimentos, tubos, lajes e blocos pré-moldados que exijam fck menor que 20MPa (Santana, *et al.,* 2011).

Aragão (2007) avaliou a utilização do concreto reciclado na configuração de lajes pré-moldadas. Com base em suas pesquisas, notou-se que a laje produzida com 50% de agregados graúdos e miúdos de concreto reciclável resultou num deslocamento perpendicular da seção apenas 2,6% maior que a deformação produzida por uma laje de concreto convencional com agregados virgens, para um mesmo fck. Todavia, para lajes com 100% de substituição de agregados graúdos e miúdos por agregados reciclados, o deslocamento foi 15,5% maior que a laje produzida com concreto tradicional.

Takahashi *et al.,* (2021) desenvolveu blocos pré-moldados intertravados, conhecidos como pavers, utilizando cerâmica de revestimento moída como substituição ao agregado miúdo. Confeccionou-se blocos com substituição de 40% da areia, e notou-se que os concretos com resíduo reciclado apresentaram resistências maiores do que o produzido com área convencional. Na Figura 1 é possível observar que os pavers confeccionados com parcelas de cerâmica moída apresentaram uma resistência maior que pavers convencionais.

Figura 1 - Resistência à compressão característica estimada.



Fonte: Takahashi *et al*., (2021)

Destaca-se que, aos 28 dias, apresentou-se uma diferença na resistência de 5 MPa, mostrando ser um uso viável da destinação do resíduo.

2.4 ADIÇÕES EM CONCRETO

Segundo Mehta e Monteiro (2014), adições para concreto são materiais diferentes de agregados e de cimento que são adicionados durante a preparação, com o intuito de aprimorar ou modificar determinadas propriedades do concreto fresco ou endurecido.

Ainda segundo Mehta e Monteiro (2014), estas adições podem ser categorizadas em duas principais classes: minerais e químicos. As adições minerais consistem em materiais finamente moídos, com partículas de menor tamanho que as do cimento, adicionados em quantidades controladas, como cinzas volantes, escória de alto-forno, sílica ativa, metacaulim, entre outros. Essas adições minerais podem aprimorar propriedades do concreto como trabalhabilidade, resistência, durabilidade, retração e permeabilidade. Por outro lado, adições químicas são compostos químicos inseridos em pequenas proporções para alterar propriedades específicas do concreto, como plastificantes, aceleradores de pega, retardadores de pega e incorporadores de ar. Podem influenciar o tempo de pega, a plasticidade, a resistência inicial, a permeabilidade e outras propriedades, possibilitando a confecção de concretos com características específicas desejadas para diferentes aplicações e condições de uso.

As adições são empregadas com o intuito de complementar ou até mesmo substituir em parte a matéria-prima cimento, devido às suas propriedades que se assemelham às do cimento (Da Fonseca, 2010). Desta maneira, as adições foram utilizadas em concretos por diferentes pesquisados, podendo citar algumas:

Cordeiro *et al.,* (2010) avaliaram o potencial de adição da argila caulinítica de Campos dos Goytacazes, RJ, na produção de pozolana para concreto de alta resistência. Estudos foram realizados utilizando 0, 5, 10 e 15% de substituição de cimento Portland por uma determinada argila calcinada produzida a 650ºC. A presença de metacaulinita resultou numa alta atividade pozolânica, que resultou em um crescimento expressivo no nível de resistência a compressão do concreto, monitorado em poucos dias de cura e em períodos de até 176 dias. Os concretos com 15% de substituição de cimento Portland por argila calcinada obtiveram os melhores resultados.

Weber (2012) realizou experimentos utilizando cinzas da casca de arroz processadas buscando obter sílica de elevada reatividade para uso em concreto de alto desempenho. Foram realizados testes com corpos de prova sem cinzas, com teores de 15% e 40% em substituição ao cimento CP V – ARI. Os resultados evidenciaram que o uso da cinza da casca de arroz modificada se mostrou mais vantajoso em relação à economia, devido a maior incorporação do agregado fino, gerando uma menor necessidade de adição de água para atingir uma determinada consistência.

Santos (1997) utilizou das Cinzas da Casca de Arroz (CCA) como adição em concreto visando testar sua resistência a compressão. Para isso, moldou corpos de prova de controle (sem adições), com 15 e com 40% de substituição, além de corpos de prova com sílica ativa e cinza volante. Ao realizar a comparação dos resultados, percebeu-se que nas idades estudadas (3, 7, 28 e 90 dias), os concretos com adições CCA apresentaram resistência à compressão superior em comparação ao concreto de controle. Esses resultados foram semelhantes aos obtidos com a adição de sílica ativa, e superiores ao desempenho apresentado com adição de cinza volante.

Lopes (1999) realizou testes em corpos de prova de concreto utilizando adição de sílica ativa. Os resultados demonstraram uma significativa melhora no desempenho dos concretos com adição de sílica ativa, de propriedades mecânicas e de durabilidade. Quanto à carbonatação, os concretos com e sem sílica ativa apresentaram desempenho semelhante nos tempos de cura mais avançados. O efeito

positivo da adição de sílica ativa foi mais significativo nos concretos com uma menor relação água/cimento + sílica ativa.

Medeiros *et al*., (2017) avaliaram a velocidade de carbonatação do concreto com adição de sílica ativa e metacaulim. Os experimentos propunham substituir o cimento Portland de maneira parcial (10%) por aplicação de metacaulim e sílica ativa, como também empregá-la como adição a mistura do concreto. Como substituição parcial, houve aumento da velocidade de carbonatação do concreto. A sílica ativa reduz a velocidade de carbonatação quando inserida como adição, diferentemente de quando usada em substituição parcial ao cimento Portland, que causa aumento da velocidade de carbonatação.

Zea *et al.,* (2023) realizaram uma avaliação do desempenho da influência da cinza do bagaço de cana como fíler em traços de concreto autoadensável (CAA). Testes foram feitos com 0%, 5%, 10%, 15%, 20% e 25% em relação ao peso de cimento. As propriedades de trabalhabilidade do concreto autoadensável foram determinadas por espalhamento, anel J, caixa L, funil V, Índice de Estabilidade Visual e ensaios de resistência à compressão. Os resultados mostraram que as porcentagens de 10 a 20% nos traços de CAA obtiveram um aumento de sua resistência a compressão em relação ao traço controle.

Sales *et al.,* (2014) avaliaram o efeito do pó de resíduo cerâmico como adição ativa para o concreto. Foram produzidas misturas de concreto com substituição de 10%, 20% e 40% do cimento pela adição de pó de resíduo cerâmico. Ensaios de resistência mecânica à compressão evidenciaram que com 28 dias de cura, houve redução de 11% dessa propriedade para a substituição de 10% do pó do cimento; houve acréscimo de 11% para a substituição de 20% do cimento; e 17% de redução para a substituição de 40% do cimento. O módulo de elasticidade dos concretos apresentou poucas variações significativas, sendo observado um incremento de somente 8% para o concreto com uma adição de 20%.

2.5 RESÍDUO DA CONCHA DA OSTRA (RCO)

A concha da ostra é composta por três camadas diferentes: o perióstraco, uma camada proteica externa, e duas camadas internas compostas de cristais de carbonato de cálcio ($CaCO_3$), nas formas de calcita e aragonita. A camada mais interna, que entra em contato com o corpo da ostra, é brilhante e resistente, conhecida

como camada nacarada ou nácar. O formato da concha pode alternar dependendo do ambiente em que as ostras se desenvolvem. Em geral, a valva inferior ou esquerda é maior e mais curvada, enquanto a valva superior ou direita é mais plana. Na extremidade da ostra, há uma proeminência chamada umbo, onde as valvas estão unidas por um ligamento flexível (Oliveira, 2000).

O teor médio de carbono das conchas de ostra é de 12%, e a porcentagem de nitrogênio média é de 0,55%. A baixa porcentagem de nitrogênio e carbono nas conchas de ostras indicam pouca quantidade de matéria orgânica na sua composição. Quando realizada análise de degradação térmica, a perda de massa da concha da ostra quando expostas a temperaturas de 327 a 400ºC correspondeu a 1,2 a 1,9%. O carbonato de cálcio apresenta estrutura cristalina 100% de calcita, que juntamente com os baixos níveis de outros metais, são indicadores do potencial de aproveitamento desse material considerado resíduo (Silva *et al.,* 2010).

Ainda segundo Silva *et al.,* (2010), a densidade aparente das conchas de ostras varia entre 1,50 e 1,61 g/cm³. A suspensão de 10% do pó de RCO em água apresentou pH próximo a 9, e o índice de umidade das amostras trituradas alternou entre 0,55 e 1,22%.

Loffi (2014) caracterizou o resíduo pó de concha de ostra com base na norma NBR 7211 (ABNT, 2009). Para grãos com dimensão máxima característica de 4,75mm, a autora identificou massa específica de 2,538 g/cm³, módulo de finura de 3,26 e teor de material pulverulento de 5,05%.

2.5.1 PROBLEMÁTICA DO DESCARTE DO RESÍDUO DA CONCHA DE OSTRA

O cultivo de moluscos pode resultar em uma sobrecarga do ecossistema marinho devido à quantidade excessiva de matéria orgânica proveniente das grandes populações de animais cultivados. As elevadas densidades de cultivo e o acúmulo de concha de ostra resultam na liberação de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, o que pode levar à hipernutrificação das águas e, consequentemente, a eutrofização das áreas de cultivo, que é o crescimento de nutrientes disponíveis no ecossistema da região gerando a proliferação de microrganismos. Esse processo pode gerar efeitos negativos, causando um colapso nas atividades que dependem desse ecossistema (Arana, 2000).

O acúmulo desses resíduos em terrenos baldios pode chamar atenção de roedores e insetos, que se alimentam de matéria orgânica, representando um risco para a saúde da comunidade residente nos arredores. Esses animais podem servir como disseminadores de doenças, aumentando ainda mais a preocupação em relação ao descarte inadequado desses resíduos (Chierighini *et al.,* 2011).

Quando lançados ao oceano, pode ocorrer o acúmulo de resíduos no fundo, chamado assoreamento, como identificou Lemos (2007) em locais da Baía de Florianópolis, o que dificulta a passagem das baleeiras, embarcações utilizadas para pesca. Pode ocorrer também a eutrofização, podendo gerar os dinoflagelados, que consequentemente modificam a coloração da água, formando as chamadas “marés vermelhas”, trazendo um aspecto sujo à água e prejudicando o turismo do local (Chierighini *et al.,* 2011; Odum, 1983).

2.5.2 APLICAÇÕES DO RESÍDUO DA CONCHA DA OSTRA

Boicko et al., (2004) analisaram a possibilidade da utilização de conchas de ostras como carga para produtos de policloreto de vinila (PVC). As cargas visam otimizar o composto de várias maneiras. Além de reduzir os custos, proporcionam um acabamento superficial de qualidade e conferem um brilho intenso. No PVC, o carbonato de cálcio ($CaCO_3$) é a escolha principal a ser utilizada como carga mineral em polímeros, apresentando um tamanho de partícula inferior a 20 μm, e em razão da composição da RCO, torna-se um destino viável.

Costa *et al.,* (2012) verificaram a viabilidade do uso de conchas como corretivo de solos ácidos no Canal de Santa Cruz - PE. O estudo utilizou a RCO em comparação a calcário para equilibrar o pH do terreno. Confirmou-se que o carbonato de cálcio presente nas conchas apresentou comportamento superior ao calcário na modificação dos valores de pH para o solo estudado, evidenciando que há potencialidade no uso do pó de conchas para correção de acidez de solos.

De acordo com Kwon (2003), as conchas de ostras podem ser convertidas em um reagente eficiente para eliminação de fósforo de águas residuais. O processo de conversão, que envolve aquecimento sob atmosfera de nitrogênio, oferece uma solução inovadora para reciclar resíduos e reduzir os problemas ambientais causados pela maricultura em regiões costeiras. Além disso, a pesquisa indicou que o produto

obtido compete economicamente em comparação com outros produtos químicos utilizados no tratamento de águas residuais.

A indústria da farmácia está utilizando o carbonato de cálcio da RCO para criar suplementos alimentares que auxiliam no combate e prevenção da osteoporose. Testes feitos com idosos no Japão apresentaram resultados positivos para o aumento da densidade mineral dos ossos (Fujita *et al.,* 1990).

Um estudo realizado por *Rosa et al.,* (2014) sobre a adsorção de corantes têxteis, ficou evidenciada a funcionalidade das conchas de moluscos na remoção do corante reativo Remazol vermelho. Esses compostos, presentes nos efluentes industriais, apresentam um alto potencial de contaminação dos recursos hídricos. As conchas demonstraram um grande potencial no tratamento dessas soluções corantes, com uma taxa de remoção superior a 98%. O uso de conchas como adsorventes para esses corantes surge como uma alternativa economicamente viável e ecologicamente sustentável para o tratamento desses efluentes.

2.5.3 RESÍDUO DA CONCHA DA OSTRA EM CONCRETOS E ARGAMASSAS

A utilização do resíduo da concha da ostra em concretos e argamassas foi objeto de diversos estudos não só no Brasil, como em todo o mundo.

Ferreira *et al.,* (2021) utilizaram conchas de mariscos como substituição ao agregado miúdo em concretos com o objetivo de testar suas características a partir de ensaios de compressão simples e granulometria. Foi realizado a confecção de 12 corpos de provas com 4 traços aos 14 dias, em que continham adição de 0, 5, 10 e 15% de pó de conchas de mariscos em substituição a areia. Durante a pesquisa, foi observado que a inclusão de 10% de pó de conchas no concreto resultou em um aumento de aproximadamente 5% na resistência à compressão em comparação com o concreto convencional. No entanto, ao utilizar uma adição de 5%, foi registrada uma redução de 18% na resistência em relação ao concreto padrão. Além disso, a amostra contendo 15% de adição também apresentou uma diminuição de 1 MPa na resistência. Portanto, concluiu-se que a proporção mais adequada foi a de 10% de pó de conchas.

Adewuyi *et al.,* (2015) realizaram experimentos utilizando a concha de ostra de moluscos triturada como substituição de agregado miúdo para a produção de concreto reciclável. Obteve-se ótimos resultados de resistência com substituições de

10 e 15% de RCO. Foram avaliados os comportamentos dos concretos à ataques de sulfatos, e o efeito prejudicial da solução de sal de sulfato na resistência à compressão do concreto foi mais evidente no grupo de controle em comparação com outras amostras de concreto que possuem diferentes percentagens de substituição de resíduo de concha de ostra, logo evidencia-se que materiais cimentícios misturados com o resíduo contribuíram para aumentar a resistência contra o ataque de sulfato.

Yang *et al.,* (2005) realizaram um estudo experimental investigando a possibilidade da utilização do agregado miúdo de concha de ostra em concretos frescos e endurecidos. Foram analisados o módulo de finura e a taxa de substituição da concha de ostra trituradas. No geral, o tempo de pega não é afetado pela substituição do resíduo em até 20% do peso do agregado fino. A resistência à compressão com tempo de cura de 28 dias do concreto com adições é igual ou superior a resistência à compressão do concreto convencional, ou seja, não causa diminuição na resistência do concreto em idades iniciais. O módulo de elasticidade do concreto com resíduo de concha de ostra diminui conforme a taxa de substituição aumenta, uma vez que o módulo de elasticidade é menor do que o do agregado fino, onde é reduzido em aproximadamente 10% quando há 20% de substituição.

Chen *et al.,* (2019) realizaram pesquisas com a utilização da Concha de Ostra Triturada (COT), juntamente com cinzas volantes e escória de alto-forno para produzir concreto marinho. Os três compostos foram avaliados de maneira combinada na resistência à compressão em cubos, penetração de água, ataque cíclico de cloretos em condições de umidade e secagem e resistência ao ataque de água do mar a longo prazo. A adição mostrou-se eficiente e com efeitos positivos, inclusive superiores ao concreto convencional nos ensaios feitos, para teores de COT de até 20%. Verificou-se que um teor de 8 a 10% de concha de ostra triturada é o ideal para otimizar tanto a resistência em cubos quanto a resistência ao ataque de água do mar. Além disso, um teor de até 12% não apresenta efeitos negativos na resistência em cubos e na resistência ao ataque de água do mar, apresentando ser um material útil para aumentar a durabilidade e resistência e diminuir o custo de produção do concreto marinho.

Tayeh *et al.,* (2019) incorporaram resíduos de cinzas de conchas marinhas como substituição parcial ao cimento em concretos, na busca de um concreto mais econômico. O estudo revelou que a adição das cinzas de conchas marinhas resultou em uma redução da resistência à compressão inicial do concreto. Porém, ao longo do

tempo, a resistência aumentou devido à hidratação do óxido de cálcio, embora tenha permanecido inferior às amostras de controle, principalmente em altos índices de substituição. Por outro lado, a resistência à flexão e à tração por fendilhamento foram melhoradas devido à geração de uma aderência sólida entre a matriz ligante e os agregados, resultando no aumento do módulo de elasticidade. A absorção e a porosidade do concreto foram menores do que o padrão em baixas porcentagens de substituição, mas esses valores aumentaram conforme o teor de substituição aumentou. Em relação à trabalhabilidade, a presença das cinzas de conchas marinhas reduziu a capacidade de moldagem do concreto e reduziram a permeabilidade do concreto após longos períodos de cura. Concluiu-se que é uma possibilidade viável incorporar as conchas marinhas como material ligante no concreto para uma construção sustentável.

Loffi (2014) analisou a utilização de resíduos do pó de concha de ostras em uma amostra de argamassa com cimento CP IV-32. As amostras foram examinadas com a adição de 0%, 5%, 20% e 30% em relação ao agregado fino. Foram realizados ensaios de absorção, tempo de pega, resistência mecânica e reação álcali-agregado (RAA). Percebeu-se que o aumento da quantidade de RCO resulta numa maior absorção de água na argamassa, devido sua porosa estrutura cristalina. A resistência mecânica diminuiu em até 40% conforme a maior incidência de RCO nos corpos de prova, devido a quantidade elevada de água que precisou ser usada para manter o nível de trabalhabilidade da mistura. Utilizando a mesma quantidade de água, a resistência ainda sim é menor que o traço piloto, cerca de 12%. O ensaio de RAA evidenciou que o corpo de prova é inerte a presença da patologia, configurando uma boa condição para incorporação do resíduo pó de concha de ostra. Em sua pesquisa, concluiu-se que argamassas com 5% de incorporação de pó de ostra obtiveram características aceitáveis para sua utilização.

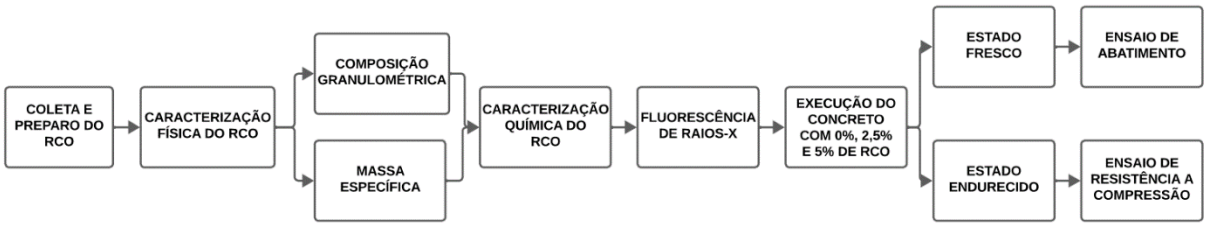
Siqueira (2021) avaliou a viabilidade técnica da produção de argamassa para revestimento a partir da substituição em diferentes porcentagens do agregado pelo pó das conchas vindas do cultivo de ostras, na região de Tibau do Sul, Rio Grande do Norte. Foram realizados ensaios de análise granulométrica, de termo gravimetria, fluorescência de Raios X e difração de Raios X, e substituição do agregado nas porcentagens de 0%, 10%, 20%, 30%, 40% e 100%, para avaliar a resistência a compressão e a absorção de água. A resistência à compressão da argamassa melhorou significativamente com a substituição do agregado convencional por pó de

concha de ostra, atingindo o impressionante valor de 18 MPa, o que supera o requisitado pelas normas. Embora a absorção de água tenha apresentado aumento, devido ao maior nível de porosidade, manteve-se dentro dos limites estabelecidos como referência. Portanto, a substituição do agregado natural por pó de concha de ostra não só se mostra uma alternativa viável para mitigar os impactos ambientais, como também contribui para o desenvolvimento das propriedades do material final.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo foi descrito a metodologia adotada para a realização do trabalho, com o objetivo de analisar a adição de resíduo da concha da ostra como fíler em um concreto convencional. Na Figura 2 é possível observar as etapas adotadas, desde a coleta e caracterização do RCO, até a realização dos ensaios.

Figura 2 - Fluxograma da metodologia do trabalho.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Todos os procedimentos aqui descritos foram desenvolvidos no laboratório de materiais da UFPR CPP-CEM e no laboratório de Minerais e Rochas da UFPR.

3.1 COLETA DO RCO

A coleta do RCO se deu em Cabaraquara - Guaratuba/ PR. Nesta região há muitos produtores de ostras que utilizam o método de cultivo chamado “*long line*”, que consiste em manter as ostras submersas até atingir um tamanho considerável, e depois transferi-las para estruturas feitas de tela de nylon, com vários andares, chamadas de gaiolas. Na Figura 03 é possível observar o local em que foi coletado as ostras.

Figura 3 - Cabaraquara - Guaratuba/ PR.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Segundo o Departamento de Comunicação Prefeitura de Guaratuba (2017), na região, são produzidas 14.300 dúzias decorrentes do cultivo e 4.300 dúzias através do extrativismo comercial, que são vendidas a população através do Mercado Municipal de Guaratuba.

3.1.1 HIGIENIZAÇÃO E SECAGEM DO RCO

Depois do material coletado, foi realizado a lavagem do RCO com água e em seguida as conchas foram secas ao ar livre, conforme pode-se observar na Figura 4.

Figura 4 - RCO seco ao ar livre

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O resíduo seco é perceptivelmente duro devido à sua composição mineral, o que a torna resistente a danos mecânicos, além de apresentar uma porosidade considerável.

3.1.2 PROCESSO DE MOAGEM E PENEIRAMENTO

Após isso, em laboratório, foi utilizado o moinho de bolas, para a moagem do material, conforme pode-se observar na Figura 5.

Figura 5 -moinho de bolas.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

No moinho de bolas, obteve-se um material com granulometria proporcional ao agregado miúdo, porém com dimensões irregulares devido a dureza do resíduo seco, sendo necessário o peneiramento para segregar os agregados de diferentes tamanhos.

Depois do material moído, ele é primeiramente passado na peneira de malha 0,150 mm para separar os agregados de maior dimensão e facilitar o seguinte peneiramento, que foi peneirado em malha de 0,075 mm, caracterizando-se como fíler pela granulometria, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - granulometria do RCO.

Autor	Granulometria utilizada (mm)	Fíler de RCO utilizado (%)
Bezerra et al., 2011	0,044	0, 5, 10, 15, 20 e 30
Sung et al., 2010	<0,15	9, 11, 13 e 15
Song et al., 2022	<0,6	10, 20 e 30
Othman et al., 2013	0,15	0, 5, 10, 15, 25 e 50

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Adotou-se o traço 1: 2,5: 3: 0,5 (cimento: agregado miúdo: agregado graúdo: água). Esse traço foi utilizado para o preparo de 3 composições, sendo a primeira convencional sem a incorporação de RCO, a segunda com 2,5% de RCO sobre a massa de cimento e a terceira com 5% de RCO sobre a massa de cimento. A quantidade de massa utilizada em cada composição, bem como a quantidade de agregado graúdo, miúdo e água pode ser observada na Tabela 2.

Tabela 2 -Material utilizado em cada composição.

Traço	Cimento (kg)	Agregado miúdo (kg)	Agregado graúdo (kg)	Água	RCO
	1	2,5	3	0,5	massa (kg)
0%	8	20	24	4	0
2,5%	8	20	24	4	0,2
5%	8	20	24	4	0,4

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Os concretos foram executados com cimento do tipo CPII-Z-32 que, segundo a NBR 16697 (ABNT, 2018) apresenta adição de material pozolânico entre 6% e 14%.

Os agregados miúdo e graúdo têm procedência local, onde ambos foram adquiridos junto a empresa BRF Engenharia.

A água utilizada é proveniente do abastecimento que é realizado pela SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná). A norma NBR 15900 (ABNT, 2009) permite o uso de água de abastecimento público sem a necessidade de ensaio.

3.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO RCO

Nesta etapa executam-se ensaios para caracterização física do RCO, como composição granulométrica e massa específica real. Esses ensaios têm a finalidade de verificar a qualidade e caracterizar fisicamente o resíduo em análise.

3.2.1 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA

Para realizar a composição granulométrica, baseou-se no procedimento da norma NBR 17054 (ABNT, 2022). Necessita-se configurar duas amostras, que são secas durante 24h à temperatura de 105+-5 ºC e pesadas. Depois, utilizou-se peneiras com aberturas de diferentes dimensões para separar as partículas de acordo com sua granulometria. O material é submetido a uma série de peneiramentos seguidos, sendo o resíduo retido em cada peneira classificado e pesado. Os resultados são baseados na porcentagem retida média e acumulada em cada peneira, com aproximação de 0,1%. Na Figura 6 é possível observar o jogo de peneiras utilizadas.

Figura 6 - Peneiras utilizadas.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A curva granulométrica gerada pelas amostras deve estar dentro dos limites ótimos ou utilizáveis superiores e inferiores para ser considerado agregado miúdo. Os limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo seguem a tabela contida na norma NBR 7211 (ABNT, 2022).

Tabela 3 - Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo.

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 μm	15	35	55	70
300 μm	50	65	85	95
150 μm	85	90	95	100
NOTA 1 O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20.				
NOTA 2 O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90.				
NOTA 3 O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.				

Fonte: ABNT NBR7211/2022 (2024).

3.2.2 MASSA ESPECÍFICA REAL

Para determinar a massa específica real, utilizou-se a norma NBR 16605 (ABNT, 2017). Inicialmente o frasco de Le Chatelier foi preenchido com um reagente (querosene) entre as marcas de zero e 1cm³. Em seguida, o conjunto foi colocado em um banho termorregulador com água em temperatura ambiente por 30 minutos com o objetivo de equalizar as temperaturas dos líquidos do frasco e do banho, após esse procedimento foi realizado a primeira leitura (V1). Na sequência, foi introduzido lentamente, em pequenas quantidades, aproximadamente, 50g do RCO no frasco, de forma que o deslocamento do reagente ficasse entre as marcas de 18cm³ e 24cm³. Realizou-se suaves movimentos circulares de forma a eliminar possíveis bolhas existentes na massa, em seguida o frasco foi tampado e colocado novamente no banho termorregulador com água em temperatura ambiente por 30 minutos e registrou-se nova leitura (V2). A Figura 7 demostra o ensaio de massa específica real

realizado com o RCO utilizando o frasco de Le Chatelier. Com base neste ensaio, conseguiu-se determinar a massa específica real do material do RCO, em g/cm³.

Figura 7 – Ensaio de massa específica real com o Frasco de Le Chatelier e RCO.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A massa específica real do RCO foi calculada de acordo com a Equação 1.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Em que:
ρ é a massa específica do resíduo ensaiado, em g/cm³;
m é a massa do resíduo ensaiado, em g;
V é o volume deslocado pela massa do resíduo ensaiado (V_2 - V_1), em cm³.

3.3 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO RCO

A caracterização química do RCO se deu através do ensaio de Fluorescência de Raios-x.

3.3.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA POR FLUORESCÊNCIA DE RAIOS-X

O RCO foi seco em estufa por aproximadamente 2 horas em temperatura de 50ºC. Em seguida, o RCO foi peneirado e moído com objetivo de transformá-lo em uma mistura homogênea com granulometria de 0,077mm. Depois disso, foi moldado uma pastilha com cerca de 7 gramas da amostra do resíduo e 1,4 gramas de cera orgânica. Este composto foi homogeneizado e prensado. As leituras para verificação da composição química do material foram realizadas com o auxílio do equipamento Axios da marca Malvern Panalytical, no laboratório de Minerais e Rochas da UFPR.

3.4 EXECUÇÃO DO CONCRETO E SEUS ENSAIOS

Inicialmente, os materiais foram separados, conforme detalhado na Tabela 2. A elaboração do concreto com 0% de RCO foi realizada utilizando uma betoneira com capacidade para 400 litros, e a incorporação dos componentes ocorreu da seguinte maneira, com a betoneira em funcionamento: primeiramente, adicionou-se a totalidade do agregado graúdo, seguido imediatamente por 80% do volume de água. Depois, incorporou-se a totalidade do cimento Portland, seguida pela totalidade da areia e, por último, o remanescente da água. O procedimento foi análogo aos corpos de prova com 2,5 e 5% de RCO, onde ele foi incorporado junto com o cimento Portland. Na Figura 8 é possível observar o concreto sendo rodado.

Figura 8 - Preparo do concreto na betoneira.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Foram moldados 3 corpos de prova para cada idade de rompimento (7, 28 e 90 dias), totalizando 9 corpos de prova para cada composição. A moldagem se deu por corpos cilíndricos de 10 centímetros de diâmetro por 20 centímetros de comprimento, como mostrado na Figura 9.

Figura 9 -(a) Comprimento do corpo de prova; (b) Diâmetro do corpo de prova

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O procedimento de moldagem se deu seguindo a norma NBR 5738 (ABNT, 2015), utilizando a técnica de adensamento manual em duas camadas com 12 golpes cada, com haste de adensamento de aço cilíndrica e de superfície lisa, de 16 milímetros de diâmetro e 600 milímetros de comprimento. A Figura 10 mostra o concreto inserido nos moldes cilíndricos.

Figura 10 - Concreto fresco inserido nos moldes cilíndricos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Para avaliar a consistência do concreto ainda fresco, realizou-se o ensaio de abatimento pelo tronco de cone, conhecido como “*Slump test*”, seguindo a norma NBR16889 (ABNT, 2020).

Além disso, para o concreto endurecido foram realizados ensaios de resistência à compressão aos 7, 28 e 90 dias de cura, com a finalidade de avaliar as características e propriedade do concreto com adição de RCO.

3.4.1 ENSAIO DE ABATIMENTO DO CONCRETO

Para realizar este ensaio, seguiu-se recomendações da norma NBR 16889 (ABNT, 2020). Em uma área limpa e nivelada, preencheu-se um tronco de cone de ensaio de 30 centímetros de altura, 20 centímetros de diâmetro de base inferior e 10

centímetros de diâmetro de base superior com diferentes teores de concreto com RCO. O concreto foi inserido no tronco de cone, subdividido visualmente, em três camadas, utilizando um soquete para realizar a compactação de cada camada com a finalidade de eliminar os vazios. Após a realização das três camadas, retirou-se o excesso de concreto e realizou-se o nivelamento do molde. Por fim, foi retirado o molde e medido a diferença da altura inicial do tronco de cone e altura final do concreto espalhado. Na Figura 11 é possível verificar o adensamento da primeira camada no tronco de cone.

Figura 11 -Execução do ensaio de abatimento do concreto.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Este ensaio é essencial para avaliar a consistência do concreto no estado fresco. Com ele, pode-se analisar a trabalhabilidade da mistura, e assim determinar seu traço ideal, a fim de garantir maior durabilidade e resistência.

3.4.2 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO

O procedimento deste ensaio baseou-se na norma NBR 5739 (ABNT, 2018). Com os corpos de prova cilíndricos de concreto já confeccionados e com período de cura pré-determinado, colocou-se o corpo de prova de forma nivelada e centralizada, em uma máquina chamada de prensa de ensaio de compressão. Depois, aplicou-se uma carga que aumentou progressivamente a uma magnitude de 0,45 mPa/s, até a ruptura do concreto. Anota-se o valor máximo de carga atingido durante o teste e a

resistência a compressão do concreto. Na Figura 12 pode-se observar o corpo de prova situado na prensa de ensaio a compressão.

Figura 12 -Execução do ensaio de resistência a compressão.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Este ensaio é fundamental para fornecer informações sobre a resistência do material já endurecido. Esses dados são críticos para garantir que o concreto atenda aos padrões de segurança e qualidade exigidos, e que desempenhe sua função de forma eficaz.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

4.1.1 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA

O estudo da composição granulométrica é um passo importante na análise de RCO porque os resultados afetam diretamente as propriedades do concreto. Esta composição é a proporção relativa em massa dos diferentes tamanhos dos grãos de RCO, que foi obtida por separação em peneiras normalizadas.

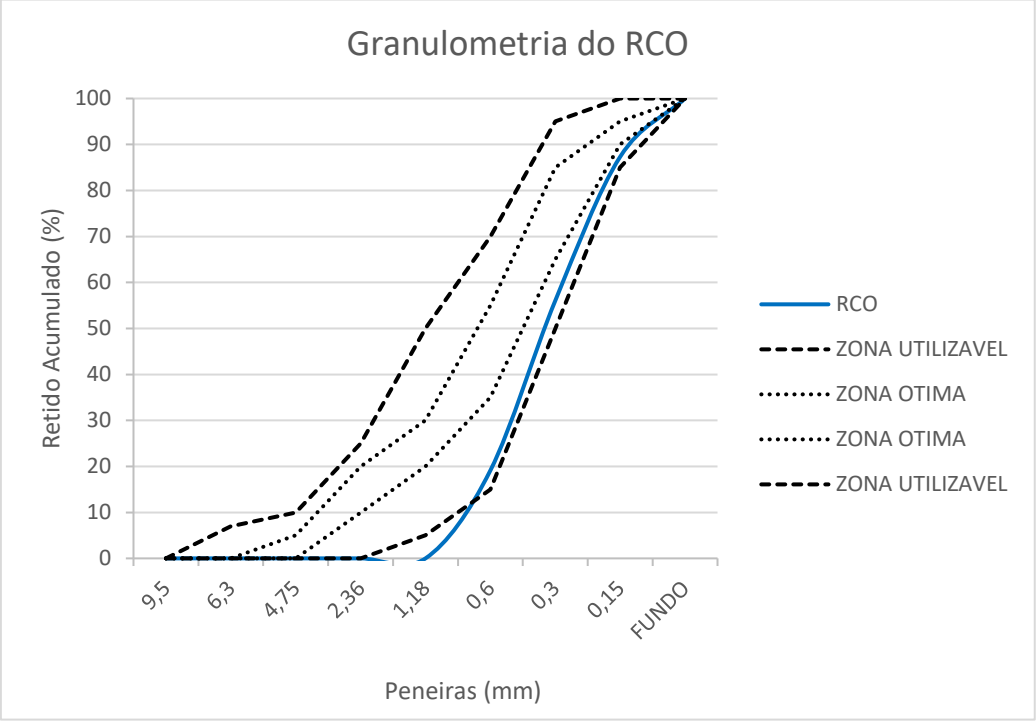
A Tabela 4 exibe os resultados médios alcançados da composição granulométrica das duas amostras e em seguida a Figura 13 apresenta a curva granulométrica do RCO de acordo com os limites recomendados pela norma NBR 7211 (ABNT, 2022).

Tabela 4 - Composição granulométrica do RCO.

%RCO Retido Acumulado - Média	
# Peneiras (mm)	**RCO (%)**
9,5	0
6,3	0
4,75	0
2,36	0
1,18	0
0,6	19,13
0,3	56,03
0,15	87,33
FUNDO	100

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 13 - Curva granulométrica do RCO



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

Ao analisar a curva de composição granulométrica, percebe-se que a porcentagem de material retido fica inicialmente fora da zona ótima e utilizável em peneiras de maior abertura, devido ao seu alto grau de finura, e se encontra no limite da zona utilizável para as peneiras conseguintes.

Para a confecção dos corpos de prova, foi utilizado somente RCO com maioria das partículas passantes pela peneira de 0,075 mm, caracterizadas como material pulverulento conforme a norma NBR 7211 (ABNT, 2022).

4.1.2 MASSA ESPECÍFICA REAL

O resultado do cálculo de massa específica real do RCO se deu ao coletar o dado da primeira leitura (V1) de 0,8 cm³. Em seguida, após a realização das etapas conseguintes, obteve-se a segunda leitura (V2) de 20,1 cm³. Com base nos valores da leitura e da massa de RCO utilizada (50g), foi possível obter o valor da massa específica real do resíduo por meio da equação (1) apresentada no Capitulo 3, resultando em 2,591 g/cm³.

O resultado demonstra ser coerente com a literatura acadêmica disponível. Loffi (2014), ao realizar o ensaio, obteve o valor de 2,538 g/cm³, enquanto Guimarães (2023) alcançou 2,583 g/cm³.

4.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA

4.2.1. ANÁLISE POR FLUORESCÊNCIA DE RAIO X

Foi utilizado o método de Fluorescência de Raio X (FRX), análise semiquantitativa, para determinação da composição química do RCO. Pode-se observar na Tabela 5 os resultados encontrados.

Tabela 5 - Composição química do RCO.

Elementos	CaO	SiO_2	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SO_3	Cl	Fe_2O_3	SrO	K_2O	TiO_2	Br	P.F.
Teor de elementos em % de peso	50,8	1,6	0,9	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3	0,1	0,1	0,1	< 0,1	44,1

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Conforme observado na Tabela 5 a amostra de RCO possui 50,8% de óxido de cálcio e 0,6 de óxido de magnésio característicos do calcário dolomítico ($CaMg(CO_3)_2$). A presença de SiO_2, Na_2O, Al_2O_3 e outras impurezas pode ser explicada pelo processo de acumulação dos sedimentos calcários no fundo dos oceanos devido o processo metamórfico de formação das rochas calcárias.

O alto valor de perda ao fogo (P.F. = 44,1%) expressa à perda de massa após aquecimento da amostra a uma temperatura de 1000°C e pode ser explicado pela evaporação da água e ao dióxido de carbono (CO_2) presente nas conchas de ostras em formas calcita, dolomita, entre outros.

Além disso, pode-se salientar que a confiabilidade dos resultados, segundo a análises quantitativas pelo método FRX, é mais significativa para os elementos que apresentam presença maior que 5% do total da amostra, logo os pequenos teores de SrO, K_2O, TiO_2e Br são exemplos de elementos apontados com porcentagens menores que 1%, evidenciando a limitação de interpretação do equipamento utilizado.

4.3 CONCRETO COM ADIÇÃO DE RCO – ENSAIO DE ABATIMENTO

Os resultados da análise de consistência, realizada através do ensaio de abatimento do tronco de cone, revelaram uma consistência nos valores de abatimento do traço controle e ao incorporar e 2,5% de resíduos de RCO na mistura do concreto. No entanto, quando adicionado em uma proporção de 5%, observou-se um significativo aumento da trabalhabilidade da mistura, evidenciada por um aumento de 5 milímetros em relação aos demais resultados, como mostrado na Tabela 6.

Tabela 6 - Resultado do abatimento do concreto.

RCO (%)	abatimento (mm)
0	20
2,5	20
5	25

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

Percebe-se com a Tabela 6 que o tipo e a quantidade de adição de fíler utilizados na mistura podem influenciar no abatimento do concreto. O uso de adições minerais, tais como o fíler, altera as características reológicas do concreto devido à presença de grãos menores na mistura. Isso se deve ao aumento na relação do volume de sólidos para o volume de água, que produz uma pasta com maior plasticidade e coesão. Logo, os resultados encontrados condizem com a pesquisa de Dal Molin (2005), que confirma que os concretos com adições minerais tendem a ser mais coesos, com redução considerável da tendência à segregação e exsudação, quando comparados a um concreto sem adição. De maneira semelhante, Hudson (1999) aponta que partículas com dimensões inferiores a 0,150 mm podem atuar como lubrificantes, otimizando a trabalhabilidade e plasticidade da mistura do concreto, permitindo até mesmo a redução da relação água/cimento.

4.4 CONCRETO COM ADIÇÃO DE RCO – RESISTÊNCIA MECÂNICA

Os resultados do ensaio indicaram que a inclusão do pó da concha de ostra no concreto resultou em uma leve redução da resistência à compressão após 7 dias de cura. No entanto, após 28 dias, observa-se que a maior resistência foi alcançada com a adição de 5% de RCO, seguida pelas misturas com 0% e 2,5% de adição.

Finalmente, aos 90 dias de cura, verificou-se que a maior resistência foi obtida com 2,5% de RCO, com uma diferença mínima em relação às outras misturas, como mostrado na tabela 7.

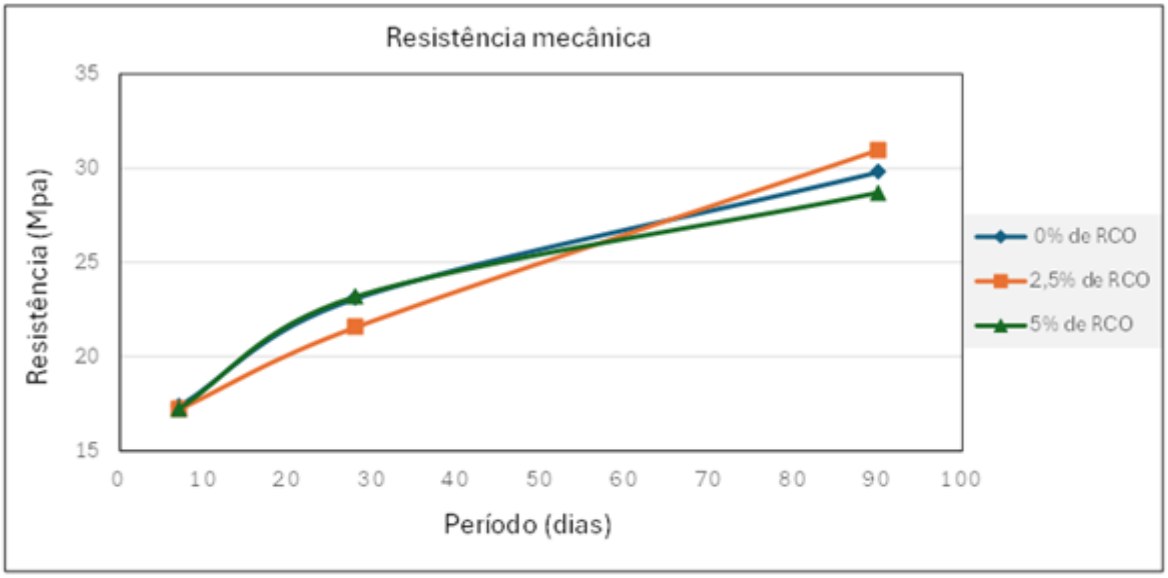
Tabela 7 - Resultado do ensaio de resistência mecânica.

	Resistência (MPa)		
RCO (%)	7 dias de cura	28 dias de cura	90 dias de cura
0	17,35	23,08	29,78
2,5	17,19	21,56	30,96
5	17,23	23,18	28,69

Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

Na Figura 14 é demonstrado o perfil de resistência mecânica dos corpos de prova com diferentes teores de RCO.

Figura 14 - Perfil de resistência mecânica (MPa).



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

Com base nos resultados apresentados na Tabela 7 e Figura 14, pode-se verificar que ganho de resistência após os 28 dias ainda é considerável para todos os concretos. Pode-se dar uma ênfase maior para o concreto com a incorporação de 2,5% de RCO, observando que este traço obteve um ganho de resistência à

compressão significativo, atingindo 21,56 MPa aos 28 dias de cura e 30,96 MPa aos 90 dias de cura, um ganho de 43,60%. O motivo desse aumento se dá pelo fíler ser extremamente fino, servindo para aumentar o empacotamento e dispersão das partículas, diminuindo os vazios e melhorando o comportamento reológico da mistura e sua compacidade (Damineli, 2013).

Além disso, analisando os resultados dos ensaios apresentados e trabalho analisados no referencial teórico, observa-se que cada adição apresenta proporções ideais de substituição ou adição para produção de concretos convencionais, logo o nível máximo de adição de resíduo de concha de ostra a ser utilizada em concretos convencionais é de 2,5%, nesta pesquisa. Isso se deve, pois a quantidade de finos do RCO já excedeu os vazios entre partículas do cimento, encerrando o empacotamento de partículas.

Peres *et. al.,* (2019) citam a relação entre a porosidade e os vazios de empacotamento, e sua correlação com a distância de separação entre as partículas para diferentes quantidades de adição. O estudo aponta que o empacotamento, e a consequente redução do volume de vazios gera a necessidade de uma menor quantidade de água para preenchê-los e afastar as partículas. Isso causa um excesso de líquido para concretos com elevada compacidade, resultando em uma maior quantidade de poros após o endurecimento, fator prejudicial para a resistência final do concreto.

Os valores de resistência encontrados aos 28 dias permitem a utilização do concreto com adição de RCO para fins estruturais de ambientes rurais, que necessita o mínimo de 20 Mpa, ou para confecção de blocos vazados de concreto simples para alvenaria, com ou sem função estrutural, que exige uma resistência mínima de 8 MPa. (NBR 6118, 2023; NBR 6136, 2016).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de subprodutos de diferentes setores é de grande importância para a redução dos impactos ambientais e vem sendo uma alternativa interessante no setor da construção civil. A utilização desses resíduos resulta, muitas vezes, em materiais de construção civil que atendam aos padrões técnicos, melhorando suas propriedades e não oferecendo riscos ao meio ambiente. O resíduo da concha de ostra é um desses materiais que pode ser utilizado na confecção de concretos convencionais, contribuindo com suas propriedades físicas e químicas.

Com base nos resultados apresentados nesta pesquisa, pode-se concluir que a granulometria do RCO utilizado neste trabalho se manteve dentro dos limites utilizáveis para uso como agregado fino a partir da peneira de 0,6mm, porém foi selecionado para uso apenas o material caracterizado como pulverulento.

A massa específica do resíduo é adequada para contribuir no empacotamento de partículas, sem causar alterações significativas na densidade do concreto.

Para o concreto fresco, pode-se concluir que o concreto com 0 e 2,5% apresentaram um resultado de plasticidade consistente (20mm), e a utilização de 5% de adição obteve uma melhor trabalhabilidade e coesão (25mm), devido ao preenchimento eficiente dos vazios pelas partículas finas do RCO, resultando em uma mistura mais plástica e homogênea.

Em relação a resistência do concreto, o melhor resultado foi atingido com o uso de 2,5% de adição de RCO, seguido de 0 e 5%, respectivamente. Aos 28 e 90 dias, os concretos com 0% de RCO obtiveram resistência média de 23,08 MPa e 29,78 MPa, com 2,5 % de RCO obtiveram resistência média de 21,56 MPa e 30,96 MPa e com 5% de RCO obtiveram resistência média de 23,18 MPa e 28,69 Mpa, respectivamente. O resíduo aumenta o empacotamento das partículas, diminuindo os vazios e melhorando sua resistência a compressão. Uma possível causa para a redução da resistência com a adição de 5% de RCO é o excesso de fíler, que preenche os espaços entre os agregados, reduzindo a necessidade de água. Como a quantidade do líquido não foi ajustada entre as diferentes composições das amostras, isso resultou em um excesso de água, prejudicando a resistência do concreto.

Por fim, vale ressaltar que o ganho ambiental e humanitário também deve ser considerado, visto que o uso do resíduo como adição oferece uma solução viável para

o RCO, evitando descartes inadequados que podem causar danos ao ecossistema e problemas de saúde pública.

6 REFERÊNCIAS

ANDOLFATO, Rodrigo Piernas. Controle tecnológico básico do concreto. Ilha Solteira, 2002.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2023.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregados para concretos - requisitos. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15900-2: Água para amassamento do concreto - Parte 2: coleta de amostras de ensaios. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16605: Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2017.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16697: Cimento Portland - requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 17054: Agregados - Determinação da composição granulométrica - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2022.

ADEWUYI, A.P., Franklin, S.O. and Ibrahim, K.A. 2015. Utilization of Mollusc Shells for Concrete Production for Sustainable Environment. International Journal of Scientific & Engineering Research, 6 9 201-208

ÁLVAREZ LÓPEZ, Ricardo. Rendimiento de caparazones y conchas de crustáceos y moluscos como sustituto parcial de agregados en mezclas de concreto. [en lí-nea] Cartagena de Indias: Universidad de Cartagena, 2021 [Fecha consulta: 2 de julio 2023].

ÂNGULO, Sérgio; Figueiredo, Antônio. Concreto: ciência e tecnologia. 2. ed. São Paulo. IBRACON, 2011.

ARAGÃO, Helio Guimarães et al. Análise estrutural de lajes pré-moldadas produzidas com concreto reciclado de construção e demolição. 2007.

ARANA, Luis A. Vinatea: MODOS DE APROPRIAÇÃO E GESTÃO PATRIMONIAL DE RECURSOS COSTEIROS: Estudo de caso sobre o potencial e os Riscos do cultivo de moluscos marinhos Na Baía De Florianópolis, Santa Catarina, Tese de Doutorado Interdisciplinar em Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 2000.

BASTOS, P. S. Fundamentos do Concreto Protendido. Bauru/SP: Universidade Estadual Paulista – UNESP, 2019b.

BATISTA, B. B., SILVA, H. R. T., EGERT, P., MARCONDES, L. F. T., & SANTOS, M. V. "Bloco Verde: reaproveitamento de resíduos da construção civil e de conchas de ostras e mariscos", 1° Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, Bento Gonçalves-RS, 2008.

BOICKO, Alysson Luís; HOTZA, Dachamir; SANT'ANNA, Fernando SP. Utilização de conchas da ostra crassostrea gigas como carga para produtos de policloreto de vinila (PVC). Anais IV Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, v. 1, p. 1-8, 2004.

BRASIL – Portal Brasil. 2023. Disponível em <http://www.brasil.gov.br/>. Acessado em 24 de junho de 2023.

BRASILEIRO, Luzana Leite; MATOS, José Milton Elias de. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. Cerâmica, v. 61, n. 358, p. 178-189, 2015.

CHEN, H.-Y., Li, L. G., Lai, Z., Kwan, A. K. H., Chen, P. & Ng, P. L. Effects of crushed oyster shell on strength and durability of marine concrete containing fly ash and blastfurnace slag. Mater. Sci. 25, 97–107 (2019).

CHIERIGHINI, D.; Bridi, R.; Rocha, A.A. & Lapa, K. R. (2011). Possibilidades do uso das conchas de moluscos. III International Workshop advances in cleaner production.

CORDEIRO, Guilherme Chagas; DÉSIR, Jean Marie. Potencial de argila caulinítica de Campos dos Goytacazes, RJ, na produção de pozolana para concreto de alta resistência. Cerâmica, v. 56, p. 71-76, 2010.

CORRÊIA, Adailton estevão; Souza, Dayane Priscila Bicalho de. avaliação da resistência a compressão do concreto através de testemunhos extraídos de construções na cidade Caratinga-mg. 2014.

COSTA, Amanda Rodrigues Santos et al. Viabilidade do uso de conchas de mariscos como corretivos de solos. In: III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Goiânia/GO-19 a. 2012.

DA FONSECA, Gustavo Celso. Adições minerais e as disposições normativas relativas à produção de concreto no Brasil: uma abordagem epistêmica. 2010.

DAL MOLIN, D.C.C. Adições Minerais para Concreto Estrutural. In: Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. São Paulo: IBRACON, 2005. p. 345-379.

DAMINELI, Bruno Luís. Conceitos para formulação de concretos com baixo consumo de ligantes: controle reológico, empacotamento e dispersão de partículas. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

DI DOMENICO, Paula et al. Influência do agregado miúdo reciclado na resistência à compressão e porosidade do concreto. Revista Internacional de Ciências, v. 8, n. 1, p. 129-147, 2018.

EVANIKI, Daniela; DA SILVA, Gabriela Zibeti; COLLI, Vinicius Renan. Análise da incorporação do resíduo da concha de ostra como melhorador de adesividade entre agregado e o cimento asfáltico de petróleo-cap 50/70. Conhecimento Interativo, v. 17, n. 2, p. 350-364, 2024.

Federal Highway Administration (2004). FHWA Transportation Application of Recycled Concrete Aggregate.Washington.D.C. FHWA.

FERREIRA, Bianca DA COSTA. Reaproveitamento de Cascas de Marisco na Produção de Concreto Reuse Of Seafood Shells In Concrete Production.

FUJITA, Takuo et al. Increase of bone mineral density by calcium supplement with oyster shell electrolysate. Bone and mineral, v. 11, n. 1, p. 85-91, 1990.

GONÇALVES, Luzan Beiriz et al. Reaproveitamento de conchas de mariscos e resíduos da construção civil em Alagoas. Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS, v. 1, n. 1, p. 61-71, 2014.

Ana Claudia Pinto Dabes Guimarães. Utilização de casca de ostra (Crassostrea gigas) como substituto de agregado para produção de concreto ecologicamente correto. Engenharia Química e de Processos. Université de Pau et des Pays de l'Adour, 2022. Inglês. ffNNT: 2022PAUU3009ss. fftel-03703837v2ff.

HENNEBERG, Fernanda A. et al. Utilização de materiais alternativos de construção para execução de sistemas construtivos de pisos de edificações. Revista ESPACIOS, v. 43, n. 12, 2022.

Hudson B.; "Modification to the fine aggregate angularity test", Seventh annual international center for aggregates research symposium, Austin, USA, 1999.

ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.). Materiais de construção civil e princípios de ciências e engenharia de materiais. Ibracon, 2007.

INGUNZA, Maria Del Pilar Durante; SENA NETO, Plácido Gondim de; AMORIM, Enio Fernandes. Análises de dosagens de concreto asfáltico do tipo Pré Misturado a Frio (PMF) utilizando Resíduos da Construção e Demolição de obras (RCD). 2019.

KERBER, J. A.; ROMAN, H. R.; O Encontro dos concretos: Concretos de alta resistência x concreto de baixa resistência materiais diferentes. Revista IBRACON ano V n. 9 agosto/ setembro,1994.

KWON, Hyok-Bo et al. Recycling waste oyster shells for eutrophication control, 2003. Resources, Conservation and Recycling 41 (2004) p. 75–82.

LEMOS, S.S.; Sant'anna, F.S.P; Silva, F.A; Santos, C.L. & De Cesario, F. (2007). Avaliação socioambiental do destino e da reutilização dos resíduos da ostreicultura. SEPEX.

LOFFI, Sandra Bezerra. Estudo sobre o comportamento de uma argamassa incorporada com cascas de ostras. Engenharia Ambiental e Sanitária-Pedra Branca, 2014.

LOPES, ANNE NEIRY DE MENDONÇA. Avaliação Comparativa de Concretos com e sem Sílica Ativa para Resistências entre 50 e 65 MPa [Distrito Federal] 1999.

MACHADO, Márcia. Maricultura como base produtiva geradora de emprego e renda; estudo de caso para o distrito de Ribeirão da Ilha no município de Florianópolis-SC-Brasil. 2002. Tese defendida junto ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção/UFSC. Florianópolis.

MEDEIROS, M. H. F. de; RAISDORFER, J. W.; HOPPE FILHO, J. Influência da sílica ativa e do metacaulim na velocidade de carbonatação do concreto: relação com resistência, absorção e relação a/c. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 125-139, out./dez. 2017.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo JM. Concrete: microstructure, properties, and materials. McGraw-Hill Education, 2014.

ODUM, E. P. (1983). Ecologia. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

OLIVEIRA, Maury P.; ALMEIDA, Marcelo N. Malacologia. Juiz de Fora-MG: Editar Editora Associada, 2000.

PERES, G. M. *et al*. Influência da porosidade de empacotamento dos finos nas propriedades no estado endurecido de microconcretos. 63º Congresso Brasileiro de Cerâmica, Bonito – MS, p. 696-705, ago.2019.

PETRIELLI, F. A. da S. Viabilidade Técnica e Econômica da Utilização Comercial das Conchas de Ostras Descartadas na Localidade do Ribeirão da Ilha, Florianópolis, Santa Catarina. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC, 2008.

RASHWAN, M.S.; ABOURIZK, S. (1997). The Properties of Recycled Concrete. Concrete International. v.19, n.7, p.56-60. July.

REVISTA CONCRETO & CONSTRUÇÕES, n. 53, jan./mar. 2009, p. 13.
ROSA, Mirna Sales Loiola et al. Adsorption of the Blue Dye Reactive Remazol RN in Cellulosic Materials. In: Materials Science Forum. Trans Tech Publications Ltd, 2014. p. 749-754.

ROSA, Fabricia Silva et al. Aplicação de Índice de Performance na Produção de Algas Marinhas Utilizadas na Produção de Sementes de Ostras (Crassostrea Gigas). In: Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC. 2000.

SALES, A. T. C.; ALFERES FILHO, R. dos S. Efeito do pó de resíduo cerâmico como adição ativa para o concreto. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 113-125, jan./mar. 2014

SANT´ANNA, F. S. P. et. al. Projeto Valorização dos Resíduos da Maricultura. Subprojeto 3: Soluções Tecnológicas Para o Aproveitamento de Conchas de Ostras. Laboratório de Gestão Ambiental na Indústria. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC, 2007.

SANTANA, Valquiria Melo de et al. Utilização de concreto reciclado na aplicação de elementos estruturais. Anais do XV Encontro Latino-Americano de Iniciação Científica e do XI Encontro Latino-Americano de Pós-Graduação, p. 1-6, 2011.

SANTOS, Sílvia. Estudo da viabilidade de utilização de cinza de casca de arroz residual em argamassas e concretos. 1997.

SENA, Plácido Gondim de; AMORIM, Enio Fernandes; INGUNZA, Maria del Pilar Durante. Análises de dosagens de concreto asfáltico do tipo Pré Misturado a Frio (PMF) utilizando Resíduos da Construção e Demolição de obras (RCD). Matéria (Rio de Janeiro), v. 24, 2019.

SILVA, Denyo et al. Caracterização físico-química e microestrutural de conchas de moluscos bivalves provenientes de cultivos da região litorânea da ilha de Santa Catarina. Química Nova, v. 33, p. 1053-1058, 2010.

SILVA, Denyo. Resíduo Sólido Da Malacocultura: Caracterização e Potencialidade de Utilização de Conchas De Ostras (Crassostrea Gigas) e Mexilhão (Perna Perna). Departamento de Engenharia Sanitária e ambiental – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

SIQUEIRA, Nívia Luciana Costa de. Incorporação do pó de conchas de ostra provenientes do processo de ostreicultura na produção de argamassa para revestimento. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

STROHER, Ana Paula et al. Utilização da cerâmica de entulho na substituição de agregado graúdo do concreto. Cerâmica Industrial, v. 22, n. 4, p. 34-46, 2017.

TAKAHASHI, Daniel Hissashi; CORACINI, Tiago Nogueira. Avaliação da resistência a compressão de pisos intertravados produzidos com RCD. 2021.

TAYEH, B. A., Hasaniyah, M. W., Zeyad, A. M. & Yusuf, M. O. Properties of concretecontaining recycled seashells as cement partial replacement: a review. J. Clean. Prod. 237, 117723 (2019).

WANG, Her-Yung et al. Study of the material properties of fly ash added to oyster cement mortar. Construction and Building Materials, v. 41, p. 532-537, 2013.

WEBER, Silvana Leonita. Metodologia para Obtenção de Sílica de Elevada Reatividade para Uso em Concreto de Alto Desempenho a Partir do Processamento de Cinza de Casca De Arroz. Florianópolis, 2012, 98 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina.

YANG, Eun-Ik; YI, Seong-Tae; LEEM, Young-Moon. Effect of oyster shell substituted for fine aggregate on concrete characteristics: Part I. Fundamental properties. Cement and Concrete Research, v. 35, n. 11, p. 2175-2182, 2005.

ZEA, J. A., LÓPEZ, A., HERNÁNDEZ, D., MANDUJANO, J. E., CABRERA, J. A. (2023), “Desempeño de la adición de ceniza de bagazo de caña como filler para producir concretos autocompactantes”, Revista ALCONPAT, 13(1), pp. 80 –96.