UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS (PPCEM)

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO PELO CARBONATO DE CÁLCIO PROVENIENTE DA CONCHA DE MARISCO: PROPRIEDADES MECÂNICAS NO ESTADO FRESCO E ENDURECIDO

MESTRANDA: FRANCISCA SIMONE PEREIRA FERNANDES

ORIENTADOR: Dr Ricardo Peixoto Suassuna Dutra

Linha de Pesquisa:

Materiais Cerâmicos: Síntese, Processamento e Aplicações

JOÃO PESSOA - PB2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS (PPCEM)

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO PELO CARBONATO DE CÁLCIO PROVENIENTE DA CONCHA DE MARISCO: PROPRIEDADES MECÂNICAS NO ESTADO FRESCO E ENDURECIDO

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Materiais, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Mestrado, da Universidade Federal da Paraíba.

MESTRANDA: FRANCISCA SIMONE PEREIRA FERNANDES

ORIENTADOR: Dr Ricardo Peixoto Suassuna Dutra

Linha de Pesquisa:

Materiais Cerâmicos: Síntese, Processamento e Aplicações.

JOÃO PESSOA - PB2023

Catalogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

F363c Fernandes, Francisca Simone Pereira.
Concreto com substituição do agregado miúdo pelo carbonato de cálcio proveniente da concha de marisco : propriedades mecânicas no estado fresco e endurecido / Francisca Simone Pereira Fernandes. - João Pessoa, 2023.
95 f. : il.

Orientação: Ricardo Peixoto Suassuna Dutra.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT/PPCEM.

1. Concreto. 2. Carbonato de cálcio. 3. Concha do marisco - Reuso. I. Dutra, Ricardo Peixoto Suassuna. II. Título.

UFPB/BC CDU 691.3(043)

Elaborado por Larissa Silva Oliveira de Mesquita - CRB-15/746

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS (PPCEM)

FRANCISCA SIMONE PEREIRA FERNANDES

CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO PELO CARBONATO DE CÁLCIO PROVENIENTE DA CONCHA DE MARISCO: PROPRIEDADES MECÂNICAS NO ESTADO FRESCO E ENDURECIDO

BANCA EXAMINADORA

APROVADA EM: 31/01/2023

Prof. Dr Ricardo Peixoto Suassuna Dutra
(Presidente – Orientador)

Prof. Dr Rafael Alexandre Raimundo
(Examinador Externo ao Programa)

Prof. Dr Thiago da Silva Almeida
(Examinador Extemo a instiluição)

DEDICATÓRIA

Para minha mãe Fatima que me ensinou o sentido de caráter e honestidade, para meu amado irmão Edvaldo que quando a vida estava sem rumo me mostrou o norte e principalmente para meu esposo Julian que caminhou comigo nesta jornada.

AGREDECIMENTOS

Deus esteve ao meu lado e me deu força, ânimo e crença para não desistir e continuar lutando por este meu sonho e objetivo de vida. A Ele eu devo minha gratidão.

Agradeço a minha mãe Maria de Fatima pela bondade e pelos conselhos durante essa jornada, a meu irmão Edvaldo, que foi meu amigo, conselheiro, durante esses anos de graduação, amo você.

A meu amigo e esposo Julian, que sempre esteve do meu lado durante esses cinco anos, aconselhando em momentos difíceis, rindo comigo em situações que jamais serão esquecidas, obrigado por você existir meu amor.

A esta instituição tão imponente eu agradeço pelo ambiente propício à evolução e crescimento, bem como a todas as pessoas que a tornam assim tão especial para quem a conhece.

Ao Técnico Ricardo do complexo laboratorial da UNIPÊ pela ajuda na execução do meu processo experimental.

Agradeço especialmente ao meu orientador Dr. Ricardo Peixoto Suassuna Dutra, que comprou a ideia deste trabalho e não mediu esforços para a realização do mesmo.

Assim também aos professores Dr. Rafael e Dr Thiago Almeida em participar da minha banca.

Ao meu amigo Ms° Victor Landrim onde compartilhamos vários momentos agradáveis durante o mestrado

Enfim, agradeço a todos que fizeram parte, direta ou indiretamente, dessa conquista.

Obrigado por tudo, de coração!!!

–Tu és o meu Deus; graças te darei! Ó meu Deus, eu te exaltarei! Deem graças ao Senhor, porque ele é bom; o seu amor dura para sempre.‖ (Salmos 118:28-29).

FERNANDES, RANCISCA SIMONE PEREIRA. Concreto com substituição do agregado miúdo pelo carbonato de cálcio proveniente da concha de marisco: propriedades mcânicas no estado fresco e endurecido. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado). UniversidadeFederal da Paraíba – UFPB, João Pessoa, PB.

RESUMO

A concha do marisco é formada basicamente pelo carbonato de cálcio ($CaCO_3$) que é usado como matéria prima para diversos produtos utilizados em quase todos os ramos da indústria. Os resíduos provenientes da concha de marisco são descartados e inutilizados, existindo assim, problemas ambientais envolvidos. Estudos realizados já comprovam que há inúmeras possibilidades para o uso do componente principal que compõe a concha do marisco, exemplos como: blocos de cerâmica, blocos e pavimentações na construção civil, cimento, concreto, rações, tijolos. O reuso deste material é considerada uma forma sustentável que auxilia na redução e reaproveitamento do lixo gerado nas cidades. O objetivo do presente estudo foi avaliar a possibilidade da confecção do concreto a partir da substituição parcial em diferentes porcentagens do agregado pelo pó das conchas de marisco. Para tanto, as conchas foram higienizadas e processadas em três etapas, sendo a primeira no triturador, a segunda no moinho de bolas e na terceira o qual o materia foi submetido à calcinação a uma temperatura final de 500° C e realizada a desaglomeração através do pilão metálico. O pó da concha de marisco foi submetido às análises granulométricas a laser, fluorescência de raios X e difração de raios X, para a caracterização físico-química. Posteriormente, foram moldados corpos de prova de concreto, substituindo a areia nas porcentagens de 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, 80 % e 100 % pelo pó da concha em diferentes. Os corpos de prova do concreto foram submetidos aos ensaios tecnológicos de resistência à compressão, carbonatação e absorção de água. A partir dos resultados, dentro dos limites deste trabalho, pode-se afirmar que é uma possibilidade e sugere-se que a substituição parcial de areia natural por pó da concha de marisco na produção de concretos pode ser realizada em um percentual de 20%. Já de 25% até 100% pode ser usado tanto em blocos para alvenaria estrutural quanto para fins de vedação.

Palavras - Chaves: Concreto, reuso; carbonato de álcio; concha de marisco.

FERNANDES, RANCISCA SIMONE PEREIRA. Concreto com substituição do agregado miúdo pelo carbonato de cálcio proveniente da concha de marisco: propriedades mecânicas no estado fresco e endurecido. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado). UniversidadeFederal da Paraíba – UFPB, João Pessoa, PB.

ABSTRACT

The shellfish shell is basically formed by calcium carbonate (CaCO3) which is used as raw material for various products used in almost all branches of industry. Waste from shellfish shells are discarded and unusable, thus existing environmental problems involved. Studies carried out already prove that there are countless possibilities for the use of the main component that makes up the shellfish, examples such as: ceramic blocks, blocks and paving in civil construction, cement, concrete, rations, bricks. The reuse of this material is considered a sustainable way that helps to reduce and reuse the waste generated in cities. The objective of the present study was to evaluate the possibility of making concrete based on the partial replacement of different percentages of aggregate with shellfish powder. For this purpose, the oram shells were sanitized and processed in three stages, the first in the crusher, the second in the ball mill and the third in which the material was subjected to calcination at a final temperature of 500° C and deagglomeration was carried out through of the metal pestle. Shellfish shell powder was subjected to laser granulometric analysis, X-ray fluorescence and X-ray diffraction, for physical-chemical characterization. Subsequently, concrete specimens were molded, replacing the sand in the percentages of 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, 80 % and 100 % by shell powder in different sizes. The concrete specimens were submitted to technological tests of resistance to compression, carbonation and water absorption. From the results, within the limits of this work, it can be stated that it is a possibility and it is suggested that the partial replacement of natural sand by shellfish powder in the production of concrete can be carried out in a percentage of 20%. Already from 25% to 100% can be used both in blocks for structural masonry and for sealing purposes.

Keywords: Concrete, reuse; calcium carbonate; shellfish.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1:Ensaio de Abatimento (*slump test*).....**30**

Figura3.2: Amostra da concha de marisco.....**32**

Figura 3.3: Estrutura da Concha de marisco.....**36**

Figura 3.4:Impacto causado pelo descarte incorreto da concha demarisco.....**40**

Figura 3.5:Impacto negativo ao meio ambiente pelaconcha.....**40**

Figura 3.6: Uso da concha do marisco na fundação das casas de Mamanguape.....**42**

Figura 3.7: Geometria de Bragg–bretamo de um difratometro de raio X mostrando as diferente fendas utilizadas.....**45**

Figura 3.8: Diagrama esquemático típico da Fluorescência de Raio X por dispesão emenergia.....**47**

Figura3.9: Bloco Verde.....**48**

Figura 4.10:Fluxograma de Etapas d a Pesquisa.....**49**

Figura 4.11– Barra de Mamanguape: primeiro ponto de coleta da amostra.....**50**

Figura 4.12- Município de Lucena o ponto principal da coleta, bairro chamado de Costinha **50**

Figura 4.13 – Coleta da amostra no 3° ponto localizado em Bayeux-PB.....**51**

Figura 4.14: Concha de marisco.....**52**

Figura 4.15:Aditivos – TechiFlow 520.....**54**

Figura 4.16:Lavagem manual das conchas.....**57**

Figura4.17: Material levado á estufa para secar a 500° C **57**

Figura 4.18: Triturador de mandíbulas utilizada para trituração das concha de marisco.....**58**

Figura 4.19: Moinho de bolas utilizados para a trituração das conchas de

marisco **58**

Figura 4.20:Estufa – Temperatura a 500° C.....**58**

Figura4.21:Quebra das conchas com pilão metálico.....**59**

Figura 4.22:Agitador mecânico de peneiras.....**59**

Figura 4.23:Ensiao de massa específica da areia,da brita e do PCM.....**61**

Figura 4.24:Pesagem dos 70g do Pó da concha de marisco.....**62**

Figura 4.25:Pesagem dos 70g da brita.....**62**

Figura 4.26:Pesagem dos 70g da areia.....**63**

Figura 4.27:Aparelho de vicat.....**64**

Figura 4.28:Betoneira de 130 litros.....**64**

Figura 4.29:Moldagem dos Corpos de Provas.....**65**

Figura 4.30:Corpos de provas imersas na água para cura.....**65**

Figura 4.31:Teste de abatimento de cone, execução do ensaio.....**66**

Figura 5.32:Distribuição granulometrica– areia.....**68**

Figura 5.33:Distribuição granulometrica – pó da concha de marisco.....**69**

Figura 5.34:Difratograma de raios X da amostra do pó de marisco.....**71**

Figura 5.35:Difratograma de raios X da amostra do pó de marisco a 0° C.....**72**

Figura 5.36:Difratograma de raios X da amostra do pó de marisco a 200° C.....**73**

Figura 5.37: Tempo de início e fim de pega do pó de marisco elevado à 500° C e do Cimento.....**77**

Figura 5.38:Comparativo da resistência á compressão com o pó da concha de marisco elevado á 200° C **79**

Figura 5.39:Comparativo da resistência á compressão com ACM a 500°

C..... **81**

Figura 5.40:Resultados do ensaio de absorção de água TR e ACM elevado a 500° C.....**83**

Figura 5.41:Reação do concreto depois da solução de fenolftaleína do concreto convencional e com PCM á 20° C.....**83**

Figura 5.42 Reação do concreto depois da solução de fenolftaleína com PCM á 500° C.....**84**

LISTA DE TABELA

Tabela 3.1 – Teores de óxidos obtidos por fluorescência de raios X para conchas de moluscos bivalves das espécies *A. brasiliana* e *Tivela mactroides*.....**34**

Tabela 4.2 – Resultados do ensaio granulométrico, massa específica e massa unitária do agregado miúdo.....**52**

Tabela 4.3 – Resultado do ensaio granulométrico da brita 1.....**53**

Tabela 4.4– Traço utilizado para a moldagem dos corpos de prova.....**56**

Tabela 4.5 - Composição dos traços utilizados para 1kg de cimento.....**56**

Tabela 5.6 - Distribuição de tamanho das partículas das amostras.....**69**

Tabela 5.7 – Resultados de composição química qualitativa.....**70**

Tabela 5.8: Valor da massa unitária do pó da concha do marisco # 50.....**74**

Tabela 5.9: Massa unitária do pó do marisco # 50 com temperatura à 500° C.....**74**

Tabela 5.10: Valor da massa unitária da areia # 50.....**75**

Tabela 5.11: Valor da massa unitária da brita # 50.....**75**

Tabela 5.12: Valor da massa especifica da areia # 50.....**76**

Tabela 5.13: Valor da massa especifica do pó da concha de marisco # 50 elevado à 500° C **76**

Tabela 5.14: Valor da massa especifica da brita.....**77**

Tabela 5.15 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão do concreto # 50.....**78**

LISTA DE ABREVIATURAS E SIMBOLOS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR - Norma Brasileira Regulamentadora

UNIPÊ - Centro Universitário de João Pessoa

UFPB - Universidade Federal Da Paraiba

Mpa - Megapascal

POM - Pó da concha de marisco

ABCP-Associação Brasileira de Cimento Portland

ACI – American Concrete Institute

$\rho_{Agregado}$ - Massa unitária do agregado

m_{ar-} Massa do recipiente mais agregado

m_{r} - Massa do recipiente vazio

V – Volume do recipiente

$^{\delta}m$ – Média da massa Unitária do agregado

$^{\rho}m$- Média da massa Especifica do agregado

TR – Traço Referencia

CPs – Corpo de Provas

RSUs – Resíduos Sólidos Urbanos

ACM – Agregado com casca de marisco

pH – Potencial Hidrogênico

Lf – Leitura Final

PCM – Pó da concha de marisco

Sumário

1.INTRODUÇÃO.....18

2.OBJETIVOS.....22

2.1 Objetivo Geral 22

2.2Objetivos Específicos 22

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....23

3.1 Concreto de cimento portland.....23

3.1.2História.....24

3.1.3 Concerto 25

3.1.4 Componentes do concreto moderno 26

3.1.4.1Água.....27

3.1.4.2 Aditivos 27

3.1.5 Propriedades do concreto no estado fresco 28

3.1.6 Propriedades do concreto no estado endurecido.....29

3.1.6.1 Massa especifica. 29

3.1.6.2 Resistência à compressão 29

3.1.7 Ensaios.....29

3.1.7.1 Ensaio de abatimento (*slumptest*).....30

3.1.7.2 Ensaio de compressão.....31

3.1.7.3 Inicio e Fim Pega.....31

3.2 Concha de marisco.....32

3.2.1Composição química da concha 33

3.2.2 Estrutura da Concha.....35

3.3 Materiais utilizando subprodutos da malacocultura 36

3.3.1 Estudos com incorporação de subprodutos da malacocultura 37

3.3.1.1 Avaliação laboratorial de conchas usadas como agregado fino em asfalto..37

3.3.1.2 Estudo da incorporação de pó de concha de marisco em massa de porcelanato.....38

3.4 Impactos gerados pelo descarte de conchas no ambiente.....39

3.5 Utilização na cosntrução civil 41

3.6 A cal das conchas de mariscos 43

3.7 Estudos existentes com a utilização da concha de marisco 44

3.7.1 O Exemplo de Santa Cataina.....44

3.7.2 Bloco Verde.....45

3.8 Caracterização da matéria prima 46

3.8.1 Difração de raios X.....46

3.8.2 Método do pó para difração de raios - X.....46

3.8.3 Fluorescência de raios - X 47

4.0 - METODOLOGIA 49

4.1-Procedimentos de coleta e amostragem das conchas de marisco.....49

4.2 Materiais Utilizados.....51

4.2.1Cimento Portland.....51

4.2.2 Areia Natural 51

4.2.3 Concha de marisco.....52

4.2.4 Agregado Graúdo 53

4.2.5 Aditivos Químicos.....53

4.3 Métodos.....55

4.3.1 Dosagens dos Traços 55

4.3.2Concreto convencional 55

4.3.3 Concreto com a concha de marisco 56

4.4 Preparo e Procedimentos das conchas para a produção do concreto.....56

4.5 Caracterização do pó da concha de marisco.....59

4.5.1 Análise granulométrica por difração a laser 59

4.5.2 Fluorescência de raios X (FRX) 60

4.5.3 Difração de raios X (DRX).....60
4.6 Ensaios realizados com , brita e o pó da concha de marisco 60
4.6.1 Ensaio da massa específica.....60
4.6.2 Ensaio da massa unitária.....61
4.7 Realização de ensaios para definir tempo de pega 63
4.8 Produção do concreto 64
4.9 Ensaios realizados no concreto.....66
4.9.1 Ensaio de abatimento do tronco de cone (Slumptest).....66
4.9.2 Resistência à compressão axial.....67
4.9.3 Absorção de água por imersão.....67
4.9.4 Carbonatação 67
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 68
5.1 Caracterização dos materais 68
5.1.1 Análise de granulometria a laser 68
5.1.2 Ensaio de fluorescência de raio X 70
5.1.3 Ensaio de DRX 71
Figura 5.34– Difratograma de raios X da amostra do pó de marisco. 71
Figura 5.35– Difratograma de raios X da amostra do pó de marisco a 0° C. 72
Figura 5.36 Difratograma de raios X da amostra do pó de marisco a 200°C. 73
5.2 Ensaio da massa unitária do pó da concha de marisco, areia e da brita. 74
5.2.1 Ensaio da massa especifica do pó da conha de marisco, areia e brita. 75
5.3 Ensaio de Tempo de pega.....77
5.4 Propriedades Mecânicas 78
5.5 Absorção de água.....82
5.6 Carbonatação 83
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 85
6.1 Sugestões para trabalhos futuros 86

7 REFERÊNCIAS 88

1. INTRODUÇÃO

Nos ultimos anos, percebe-se que devido ao grande avanço das construções verticais muitas das vezes, são utilizadas grandes quantidades de concreto realizado com agregados miúdo, devido ao seu fácil acesso e comercialização no mercado próximo as obras, aumentando assim o seu consumo e tornando-se hábito a sua utilização.

O setor de construção civil sempre teve um papel de grande importância no desenvolvimento do país, pois esta área é uma das maiores consumidoras de matérias- primas naturais. Nesse âmbito, o concreto é hoje o material de construção mais usado no mundo. O consumo atual de concreto é estimado em 11 bilhões de toneladas métricas ao ano, significando ser esta indústria a maior consumidora mundial de recursos naturais (MEHTA; MONTEIRO, 2008). A construção civil é um dos setores que mais cresce no Brasil, ocupando uma posição de destaque na economia, sendo uma das atividades humanas que mais consomem agregados (areia, brita, calcário entre outros) visto que para a produção de concreto e argamassa no ano de 2000 era necessário o consumo de 210 milhões de recursos naturais (JOHN, 2000).

Desse modo, a indústria da construção causa impactos negativos desde a extração da matéria-prima até a destinação final dos resíduos sólidos, provocando a devastação de áreas urbanas e alterações na paisagem. Isto ocorre já que a extração do recurso natural (areia) ocasiona nessas áreas vários problemas ambientais como os deslizamentos de terras, erosões e assoreamento (GUEDES, 2013). O Brasil junto de outros quatro países (China, Índia, EUA e Turquia) estão entre os grandes mineradores de areia já que 80% desta extração destinam-se para a indústria da construção civil principalmente para produção de concreto e argamassa. Então, surge consequentemente a necessidade de encontrar materiais renováveis que possam reduzir os impactos ambientais (MILHORANCE, 2016). Dessa forma, a demanda por materiais alternativos de baixo custo que substituam os agregados do concreto vem crescendo a fim de reduzir os custos da produção e os impactos ambientais causados para a fabricação deste (MENDES, 2016). Logo, a incorporação de práticas sustentáveis na construção civil torna-se uma tendência crescente no mundo.

Do ponto de vista do desenvolvimento sustentável, diversas matérias primas devem ser mitigadas e, ou, reaproveitadas nas cadeias produtivas. Na área da construção civil, observam-se esforços nos últimos anos visando conscientizar todos os envolvidos nos processos, fundamentalmente pela problemática que o segmento vem enfrentando, tendo em vista elevada geração de resíduos e, imperativamente a depredação das jazidas naturais (BUTLLER, 2005).

A mariscagem é a prática da coleta de marisco de forma artesanal, nas áreas costeiras, entre as praias e os manguezais, exercida majoritariamente por mulheres, As marisqueiras ou mariscadeiras têm a consciência que as conchas dos mariscos têm alguma finalidade, porém por motivos, como: grande produção diária, falta de um local para o armazenamento e finalidade específica de uso, torna as conchas um incômodo na sua residência, por essa razão, pode-se encontrar grandes volumes de conchas nas vias públicas e áreas de manguezais. Segundo Silva, (1997), as áreas de manguezais atuam na bioestabilização da planície flúvio-marinhas e contribuem na estabilização geomorfológica através da deposição dos sedimentos fluviais, nas margens da planície flúvio-marinhas, representam uma espécie de berçário e criadouro da fauna marinha, em função da grande quantidade de nutrientes ali produzidos. Portanto com este aumento da destruição do meo ambiente tem crescido a preocupação não apenas dos ambientalistas, mas também das empresas e mais especificamente dos empresários que usufruem desses recursos para seu desenvolvimento econômico e material e das Instituições de Ensino Superior que tem a função de incentivar os discentes a pesquisas e práticas sustentáveis.

Um fato preocupante sobre a maneira inadequada dos descartes dos resíduos das conchas de marisco tem sido os impactos ambientais da malacocultura, o qual vem sendo trato inadequadecadamente tanto pela população quanto pelos municipios, tais como: odores desagradáveis, alimento e abrigo de insetos, roedores, além de impactar negativamente a paisagem, também causa distúrbios das comunidades naturais de fitoplâncton, deterioração da qualidade da água devido à acumulação de dejetos e introdução de espécies que competem com as já existentes ou que transmitem doenças (Santanna, 2007).Assim a preocupação com o descarte desse resíduo não é observada somente no Brasil. Na Coréia, desde os anos 80 são desenvolvidas pesquisas para utilização das conchas de ostras, devido à grande produtividade neste país. Eles pesquisaram a possibilidade de substituir os agregados na fabricação de cimento pelas conchas de ostras moídas, misturando

estas com areia. A mistura foi considerada eficiente e uma boa alternativa em casos de escassez de areia (Yoon et al., 2003). Na Espanha, país que desenvolve ações no sentido de melhorar a destinação das cascas descartadas de moluscos, onde em 2004 este país inaugurou uma fábrica para reciclar até 80.000 toneladas de conchas de mexilhões. O beneficiamento resultou na obtenção de carbonato de cálcio com 90% de pureza, sendo utilizado como matéria-prima na indústria, como corretor de solos, na fabricação de tintas, papel e plástico, e, relevantemente na indústria farmacológica (GREMI DE RECUPERACIÓ DE CATALUNYA, 2007).

Na Paraíba, na cidade de Lucena, localizada no município de João Pessoa a qual possui uma de suas atividades a pesca de marisco, desenvolvida pelas comunidades pesqueira que em geral usa para seu próprio consumo ou venda, tem-se ainda o descarte nas próprias ruas a qual termina servindo como um revestimento para a própria população local; como também na fundação da construção de algumas casas da região. Durante a realização desta pesquisa, constatou-se que o problema está relacionada a indústria da construção civil que é a maior geradora de impacto ao meio ambiente, em seus mais diversificados processos (Araújo, 2009). Desde a extração de recursos e matéria-prima, passando pela emissão de gases estufa ao longo de todas as etapas de produção e principalmente na destinação de resíduos.

Daí a importância do desenvolvimento deste trabalho o qual está associada à necessidade do desenvolvimento de alternativas para a utilização do subproduto da concha de marisco na produção de concreto, pois no caso tínhamos rejeitos sendo jogados no mar e mangues próximas as residências dos moradores trazendo doença através de animais e insetos que se alimenta da matéria orgânica causando também assoreamento no fundo do oceano e ao ser incorporado a massa de concreto ele pode perder algumas características nas propriedades como também pode ganhar outras.

Neste contexto, o conjunto de fatores exposto justifica e incentiva o desenvolvimento de estudos sobre a viabilidade da concha de marisco na produção de concreto convencional. Este trabalho visa analisar experimentalmente a substituição parcial e total do pó da concha de marisco por agregados miúdos, com estudos em concreto para auxiliar na redução do uso da areia e dos impactos negativos gerados pelos descartes do residuo da concha de marisco no meio ambiente. Os materiais obtidos serão avaliados pelas técnicas

de granulometria a laser, Difração de raios - X, Fluorescência de raios-X, e etc; com o intuito de contribuir no entendimento de como o uso destes agregados influencia nas propriedades do concreto.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a possibilidade de utilização da concha de marisco adequadamente processadas em substituição parcial ou total do agregado miúdo na produção do concreto convencional.

2.2 Objetivos Específicos

- Observar o comportamento do concreto produzido com a concha de marisco em temperaturas de 500° C;
- Avaliar a resistência mecânica e demais propriedades do concreto produzido com o pó da concha de marisco;
- Analisar através de dosagem experimental a influência da substituição do agregado miúdo natural,
- Comparar as propriedades do concreto produzido com a substituição da concha de marisco com o concreto convencional;

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Concreto de cimento portland

Atualmente, o concreto de cimento Portland é o mais importante material estrutural e de construção civil utilizado no mundo. Mesmo sendo o mais recente dos materiais de construção utilizado para a construção de estruturas, o concreto de cimento Portland pode ser considerado como uma das descobertas mais interessantes da história do desenvolvimento da humanidade (HELENE, et al,2010).

Conforme a NBR 5732, o Cimento Portland Comum é um aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland ao qual se adiciona, durante a operação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio. Durante a moagem é permitido adicionar a essa mistura materiais pozolânicos, escória granuladas de alto forno e/ou materiais carbonáticos, nos teores especificados.

Segundo Mehta e Monteiro (2014), concreto é um material composto que consiste essencialmente de um meio contínuo aglomerante, dentro do qual estão mergulhados partículas ou fragmentos de agregados.

No estado Fresco as principais propriedades do concreto são a consistência, a trabalhabilidade e a homogeneidade. O concreto, mesmo depois de endurecido, é um material composto de elementos em todas as fases, ou seja, gases, líquidos, gel e sólidos, caracterizando-se como essencialmente heterogêneo. O objetivo do preparo do concreto estrutural é obter um material predominantemente sólido com grande resistência e com poucos espaços vazios. É obtido pela adequada hidratação do cimento, de modo que a pasta resultante possa envolver e aderir satisfatoriamente os sólidos presentes. (CARVALHO e FIQUEIREDO, 2014).

Para Petrucci (1968), para obter um concreto durável, resistente, econômico e de bom aspecto, deve-se estudar, as propriedades de cada um dos materiais componentes, as propriedades do concreto e os fatores suscetíveis de alterá-las, bem como o proporcionalmente correto, a execução cuidadosa da mistura em cada caso, afim de obter - se as características impostas, os meios

de transporte, lançamento e adensamento compatíveis com a obra, o modo de executar o controle do concreto durante a preparação e após o endurecimento, a fim de garantir o atendimento das características exigidas, tomando os cuidados devidos em caso contrário.

3.1.2História

A palavra CIMENTO é originada do latim CAEMENTU, que na antiga Roma designava uma espécie de pedra natural de rochedos não esquadrejada (quebrada). O produto é o componente básico para o concreto. Em meados de 1830 o inglês Joseph Aspdin patenteou o processo de fabricação de um ligante que resultava da mistura, calcinada em proporções certas e definidas de calcário e argila. O resultado foi um pó que, por apresentar cor e características semelhantes a uma pedra abundante na ilha de Portland, foi denominado ―cimento Portland. (SNIC, 2018). O cimento Portland, criado por Joseph Aspdin, está na lista das 50 maiores invenções britânicas. (DORFAN, 2003).

O desenvolvimento do Brasil no fim do século XIX já exigia a implantação de uma indústria nacional de cimento. A remodelação da cidade do Rio de Janeiro e, posteriormente, a Primeira Guerra Mundial abriram um grande mercado adicional para o produto. Conforme SNIC (2012), nesta época, o país importava 40 mil toneladas de cimento da Europa. As tarifas de importação da época, 30%, também foram um forte estímulo para que os empreendedores brasileiros pudessem concretizar seus sonhos de instalar esta indústria no Brasil. (SNIC, 2012). Em 1888 SNIC (2012, p.19), traz que o Eng°. Louis Felipe Alves da Nóbrega e o Comendador Antônio Prost Rodovalho começaram os trabalhos de prospecção no Nordeste e em São Paulo. O Eng°. Louis Nóbrega visou a utilização dos calcários expostos nos arredores da capital do Estado do Paraíba. Já o Comendador Rodovalho, idealizou o aproveitamento das reservas calcárias de grandes pedreiras situadas nas vizinhanças de. Sorocaba. (SNIC, 2012).

Após a 2ª guerra, o Brasil entrou num processo de desenvolvimento industrial e de sua infraestrutura. O consumo percapita de cimento saltou de 12,9 kg/hab/ano em 1935, para 22,3 kg/hab/ano no fim da guerra e para nada menos do que 67,7 kg/hab/ano em 1962. Entre 1945 e 1955 o setor inaugurou

16 novas fábricas, e desde então o país se tornou autossuficiente no consumo de cimento.(SNIC, 2018).

Segundo SNIC (2012), a década de 60 não foi um período fácil para a economia brasileira e, consequentemente, para a indústria do cimento. A ociosidade da indústria era de 17% e o cenário só veio a mudar no final da década com a retomada do crescimento da economia. (SNIC, 2012)

O milagre econômico aconteceu na década de 70 em consequência dos investimentos governamentais em obras de infraestrutura. A indústria de cimento recebeu um considerável estímulo para aumentar sua capacidade produtiva e inaugurar novas unidades por todo o país. Conforme SNIC (2012, p.22) ao todo foram 22 novas fábricas de cimento instaladas no país nessa década. No entanto a crise do petróleo, no final da década, impediu a continuidade desse crescimento. (SNIC, 2012)

Durante os anos 80 o Brasil experimentou crises nunca antes vistas, a recessão mundial e a consequente queda dos investimentos resultaram num período de pouca atividade na construção civil. Empresas de cimento chegaram a operar com capacidade ociosa de 55%.(SNIC, 2012)

3.1.3 Concerto

Neville e Brooks (2013) define concreto como qualquer produto ou massa produzido a partir do uso de um meio cimentante. Geralmente esse meio é o produto da reação entre um cimento hidráulico e água, mas atualmente mesmo essa definição pode cobrir uma larga gama de produtos. Diversos tipos de produtos podem ser utilizados na produção do concreto, temos vários tipos de cimentos podendo conter adições minerais, aditivos entre outros.

O concreto foi descoberto no fim do século XIX, e teve seu uso intenso no século XX, tornando-o o material mais utilizado pelo homem depois da água, sendo considerada uma das descobertas mais interessantes quando diz respeito a história do desenvolvimento da humanidade, mesmo sendo o mais recente dos materiais da construção civil (HELENE; ANDRADE, 2010).

No Brasil e em outros países do mundo, o concreto é o material mais consumido na construção civil. Ele contém em seu preparo cimento, água e agregados, podendo conter também adições e aditivos que se tornaram cada vez

mais utilizados. As proporções desses materiais empregados na composição do concreto devem ser suficientes para atender as propriedades mecânicas, físicas e de durabilidade nas quais são requeridas pelo concreto (HELENE; ANDRADE, 2010). Em relação à resistência à compressão do concreto, divide-se em três categorias: concreto de baixa resistência: menos de 20 MPa; concreto de resistência moderada: de 20 MPa a 40 MPa; e, concreto de alta resistência: mais de 40 MPa, Mehta e Monteiro (2008).

Tradicionalmente, utiliza-se na composição do concreto cimento, areia (agregado miúdo), brita (agregado graúdo), água de amassamento e aditivos. O agregado miúdo atua na composição do concreto favorecendo a coesão, enquanto que a principal função do agregado graúdo é contribuir para a resistência mecânica. Outro material que pode integrar na composição do concreto é o aditivo, que consiste numa substância química incorporada à massa em pequenos teores melhorando as propriedades do concreto fresco e/ou endurecido, ajudando assim na trabalhabilidade do concreto (SANTOS, 2007), ou em outras propriedades de interesse, quais seja a aceleração de pega, incorporação de ar, viscosidade, entre outras.

3.1.4 Componentes do concreto moderno

Segundo Metha e Monteiro (1994), –As seguintes definições são baseadas nas normas ASTM C 125[5] e no Comitê ACI 116[6]l :

O **concreto** é um material composto que consiste, essencialmente, de um aglomerante no qual estão aglutinados partículas ou fragmentos de agregados. No concreto de cimento hidráulico, o aglomerante é formado por uma mistura de cimento hidráulico e água.

O **Agregado** é o material granular, tal como a areia, o pedregulho, a pedra britada ou escória de alto forno, usado com um meio cimentante, para formar um concreto ou uma argamassa de cimento hidráulico. O termo **agregado graúdo** se refere a partículas de agregados maiores do que 4,8 mm (peneira n° 4) e o termo **agregado miúdo** se refere a partículas de agregado, cujos os grãos passam pela peneira ABNT de 4,8 mm e ficam retidos na peneira ABNT 0,150 mm.

Os **cimentos,** tanto os orgânicos (como os cimentos de borracha),

quanto os inorgânicos (a exemplo do cimento Portland), são materiais aglomerantes que, segundo disposto por Patton (1978), devem cobrir a superfície de todas as partículas do agregado do concreto, a fim de ligar o conjunto formando uma massa monolítica.

3.1.4.1Água

Segundo Mehta e Monteiro (2014), a água pode ser encontrada em vários estados dentro da mistura de concreto. Além do vapor nos poros vazios não ocupados ou parcialmente preenchidos, existe água na pasta de cimento hidratada nos estados:

- Água capilar, presente nos vazios maiores, chamada de água livre (uma vez que sua remoção não causa qualquer alteração no volume do concreto);
- Água adsorvida, que se encontra próxima à superfície do agregado, sob influência das forças de atração dos sólidos da pasta de cimento hidratada. A perda desta água é responsável pela retração da pasta de cimento;
- Água interlamelar, associada com a estrutura do C-S-H;
- Água quimicamente combinada, aquela que faz parte da estrutura de vários produtos hidratados do cimento.

3.1.4.2 Aditivos

Segundo Petrucci (1981), entendem-se por aditivos as substâncias que são adicionadas intencionalmente ao concreto, com a finalidade de reforçar ou melhorar certas características do mesmo, inclusive facilitando seu preparo e utilização. Mehta e Monteiro (1994) ressaltam que os aditivos variam de tensoativos, sais solúveis e polímeros a minerais insolúveis. As finalidades para as quais eles são geralmente empregados no concreto incluem melhora da trabalhabilidade, aceleração ou aumento do seu tempo de pega, controle do desenvolvimento da resistência e a ação do gelo, á fissuração térmica, expansão álcali-agregado, e a soluções ácidas e sulfatadas.

Nas aplicações de aditivos mais utilizados na produção de concretos, destacam- se os incorporadores de ar (aplicação mais importantes de aditivos incorporadores de até em misturas de concreto dosadas para resistir a ciclos de congelamento descongelamentos), os superplastificantes ou redutores de água de alta eficiência por serem capazes de reduzir o teor de água de três a quatro vezes, em um dado traço de concreto quando comparados a aditivos redutores normais (muito usados para melhora a consistência da mistura sem diminuir as resistências à compressão), os impermeabilizantes, os produtores de gás ou espuma (essenciais na produção de concretos porosos), e os modificadores de pega (que aceleram ou retardam a pega do concreto).

3.1.5 Propriedades do concreto no estado fresco

Alves (1987) define as principais propriedades do concreto fresco: a segregação, a homogeneidade (mobilidade) e a trabalhabilidade. Contudo, as duas primeiras propriedades estão diretamente ligadas à terceira podendo-se considerar que segregação e homogeneidade fazem parte da propriedade trabalhabilidade. A segregação se encaixa na propriedade estabilidade que por sua vez é componente da propriedade mais geral que é a trabalhabilidade.

Metha (1994) relata que a trabalhabilidade do concreto fresco determina a facilidade com a qual um concreto pode ser manipulado sem segregação nociva. De todas as formas, um concreto que seja difícil de lançar e adensar não só aumentará o custo de manipulação como também terá resistência, durabilidade e aparência, inadequadas. De forma similar, misturas com elevada segregação e exsudação, são mais difíceis e mais caras na hora do acabamento e fornecerão concreto menos durável. De acordo com Kaefer (2002), segregação do concreto no estado fresco é a perda de homogeneidade a partir do momento em que os seus componentes se redistribuem na mistura de modo heterogêneo acarretando em problemas como: perda de resistência e retração do concreto.

A trabalhabilidade envolve certas características do concreto fresco, tais como consistência e coesão. Consistência, de maneira ampla, é a medida da umidade do concreto, a qual é normalmente avaliada em termos de abatimento do tronco de cone, (ou seja, quanto mais úmida a mistura maior o abatimento).

Já a coesão, é a medida da facilidade de adensamento e de acabamento, a qual é geralmente avaliada por facilidade de desempenhar e julgamento visual da resistência á segregação. (METHA e MONTEIRO, 1994).

3.1.6 Propriedades do concreto no estado endurecido

3.1.6.1 Massa especifica.

A massa específica do concreto utilizada normalmente é a massa da unidade de volume, incluindo os vazios. Os valores dessas massas variam entre 2.000 kg/m³a 2.800 kg/m³. Pode-se considerar para efeito de cálculo, quando a massa específica real não for conhecida, o valor de 2.400 kg/m³ para o concreto simples e de 2.500 kg/m³ para o concreto armado (NBR 6118/2003).

3.1.6.2 Resistência à compressão

A resistência à compressão é importante tanto para si mesma como também pela influência que ela exerce sobre outras propriedades do concreto endurecido. Ela dá uma ideia geral da qualidade do concreto, pois está diretamente relacionada com a estrutura da pasta de cimento hidratada. Propriedades como módulo de elasticidade, impermeabilidade e resistência às intempéries são diretamente relacionadas com a resistência à compressão (MEHTA e MONTEIRO, 1994; NEVILLE,1997).

Helene e Andrade (2007) diz que o valor mínimo da resistência à compressão deve ser de 20 MPa para concretos apenas com armadura passiva (armado) e 25MPa para concretos com armadura ativa (protendido). O valor de 15 MPa pode ser usado apenas em concreto magro e em obras provisórias.

A qualidade potencial do concreto depende da relação água/cimento e do grau de hidratação. É através da evolução da hidratação do cimento que a idade influencia na resistência à compressão (GIAMUSSO, 1992).

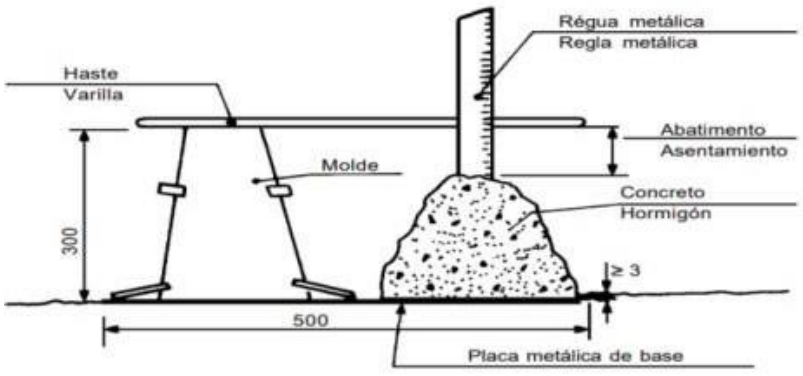
3.1.7 Ensaios

3.1.7.1 Ensaio de abatimento (*slumptest*)

De acordo com o manual ABESC a simplicidade do ensaio de abatimento (*slumptest*) o consagrou como o principal controle de recebimento do concreto na obra e, para que ele cumpra este importante papel, é preciso executá-lo corretamente, como a seguir: Colete a amostra de concreto depois de descarregar 0,5 m³ de concreto do caminhão e em volume aproximado de 30 litros; coloque o cone sobre a placa metálica bem nivelada e apoie seus pés sobre as abas inferiores do cone;

- Preencha o cone em três camadas iguais e aplique 25 golpes uniformemente distribuídos em cada camada;
- Adense a camada junto à base, de forma que a haste de socamento penetre emtoda a espessura.
- No adensamento-das camadas restantes, a haste deve penetrar até que seja tingida acamada inferior adjacente;
- Após a compactação da última camada, retire o excesso de concreto e alise asuperfície com uma régua metálica;
- Retire o cone içando-o com cuidado na direção vertical;
- Coloque a haste sobre o cone invertido e meça a distância entre a parte inferior da haste e o ponto médio do concreto, expressando o resultado em milímetros. A Figura 3.1 está representado o procedimento do ensaio de abatimento o slumptest, de acordo com a ABNT NBR NM 67:1998, p.

Figura 3.1: Ensaio de Abatimento (*slumptest*)



Fonte:(ABNT NBR NM 67:1998, p.8).

3.1.7.2 Ensaio de compressão

A resistência à compressão simples, denominada fc, é a característica mecânica mais importante. Para estimá-la em um lote de concreto, são moldados e preparados corpos de prova para ensaio segundo a NBR 5738 – Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto, os quais são ensaiados segundo a NBR 5739 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.

O corpo de prova padrão brasileiro é o cilíndrico, com 10cm de diâmetro e 20cm de altura, e a idade de referência para o ensaio é 28 dias. De acordo com Bauer (2000) a resistência à compressão axial é considerada a propriedade mais importante do concreto. Os códigos nacionais e internacionais procuram associar as demais resistências e propriedades.

3.1.7.3 Inicio e Fim Pega

Nos manuais de concreto é comum a determinação dos tempos de pega e em todo ensaio de cimento chega a ser quase obrigatória a execução deste ensaio. A norma brasileira NBR NM 65:2003 - Cimento Portland – Determinação do tempo de pega, utiliza a pasta de consistência normal (NM 43:2002) e o equipamento Vicat.

Segundo Petrucci, (Concreto de cimento Portland-13 ed. Globo 1998), um cimento misturado com certa quantidade de água, de modo a obter uma pasta plástica, começa a perder esta plasticidade depois de um certo tempo. No concreto, este tempo determina o período útil que temos para terminar o processo de aplicação, ou seja, compreende desde a mistura dos materiais (contato da água com o cimento) até o seu adensamento e acabamento.

Este fenômeno de início de pega se evidencia pelo aumento brusco de viscosidade da pasta e pela elevação da temperatura convencionou-se denominar fim de pega a situação em que a pasta cessa de ser deformável para pequenas cargas e se torna um bloco rígido. A seguir, a massa continua a aumentar em coesão e resistência,denominando-se esta fase de endurecimento.

A determinação dos tempos de início e fim de pega é importante, pois através deles se tem idéia do tempo disponível para trabalhar, transportar,

lançar e adensar argamassas e concretos, bem como transitar sobre eles ou regá-los para execução de cura. O fim de pega é o intervalo decorrido desde a adição de água ao cimento até o momento em que a agulha de Vicat penetra 0,5 mm na pasta de cimento.

3.2 Concha de marisco

O termo marisco engloba uma grande variedade de animais marinhos possuidores de uma concha rígida externa ao corpo e é um tipo de família pertencente aos moluscos. Os animais do filo mollusca (latim Mollis, Moles) que têm o corpo mole, contém a classe Pelecypoda também chamada de Bivalvia e é formada por moluscos, tais como ostras, mexilhões, vieiras, que possuem duas conchas (valvas) simétricas ligadas por uma articulação elástica. O nome comum para bivalve é ―marisco‖, sendo correto chamar qualquer bivalve de marisco (RUPPERT et al., 2005 apud RIMAR, 2013). Ver na Figura 3.2.

Figura 3. 2 - Amostra da concha de marisco.

Fonte: A Autora (2023).

A Anomalocardia brasiliana conhecido como marisco pedra. É um molusco muito abundante ao longo de toda costa brasileira. Áreas protegidas da ação das ondas edas correntes são seu habitat, por isso se enterram em solos arenosos e areno-lodosos de ambientes marinhos e estuarinos. Os mariscos alimentam-se de vegetais minúsculos e animais aquáticos que constituem o plâncton. É típica de bivalve e incluí um mínimo de três camadas, uma

orgânica e duas calcárias. A camada mais externa, consiste em proteínas associadas a quitina, geralmente conhecidas como conchiolina, constituída de duas a quatro camadas cristalinas de carbonato de cálcio. Nessas camadas o carbonato de cálcio é depositado sobre as formas de cristais. As camadas calcárias podem ser inteiramente compostas de aragonita ou uma mistura de aragonita e calcita. (RUPPERT et al., 2005 apud RIMAR, 2013).

As conchas dos mariscos são ricas em carbonato de cálcio, que após extração pode ser utilizado na indústria farmacêutica, de papel, como também na produção de medicamentos indicados na reposição de cálcio e corrigir problemas de osteoporose (PEDROSA; COZZOLINO, 2001 apud RIMAR, 2013).

3.2.1Composição química da concha

Quimicamente, as conchas dos moluscos são muito similares, apesar das diferenças que apresentam em seu aspecto: todas são formadas por dois componentes, uma matriz orgânica de natureza fundamentalmente protéica (conchiolina) e um depósito inorgânico de carbonato de cálcio. A disposição destes componentes podem apresentar variações que em grande parte produzem aspectos particulares em cada concha. (SILVA & DEBACHER, 2010).

A conchionila apresenta certa relação com a quitina que constitui a carapaça dos insetos, crustáceos e outros organismos, incluindo os fungos superiores. Dada a sua natureza proteica, contem grande quantidade de aminoácidos, especialmente a tirosina, asparagina e lisina, além de alguns aminoaçucares. (Malakus, 2005).

É segregada pelo manto uma espécie de vinco dérmico que recobre o corpo do animal e sua principal função é servir de base para posterior depósito de sais minerais; sua importância (em quantidade) é variável dependendo do estrato da concha. (WILBUR, 1964, TSUJII, 1980; WATABE,1984).

Os sais minerais podem cristalizar-se de diferentes formas, formando diferentes camadas responsáveis em grande parte pelas características visuais da concha. O carbonato de cálcio ($CaCO_3$) pode cristalizar-se na forma de

aragonita ou de calcita, especialmente na parte mais interna da concha. Os cristais podem formar-se em formas de prismas ou de lâminas, dependendo da camada, proporcionando assim diferentes propriedades na estrutura da concha.

É comum encontrar-se pequenas quantidades de outros sais, mas seu papel é completamente secundário, não parecendo ter relação com as características da concha, podendo ser uma consequência casual de ser quimicamente semelhante ao carbonato de cálcio e de estar no meio em que vive o animal.

Segundo SCHIRRMEISTER (2001), a concha é uma formação contendo cálcio, em forma de seu carbonato (CaCO3), encerrado em uma rede proteica secretada pelo molusco, no qual funciona como um esqueleto protegendo o corpo mole do animal. SCHIRRMEISTER (2001), o cálcio compreende sua principal matéria prima, mas além deste material, as concha contêm outros elementos, que geralmente podem variar sua composição e teor devido à temperatura, pH, salinidade e concentração de tais elementos químicos presentes no habitat. (BOICKO et al., 2004.

A composição química das conchas podem ser acompanhada na Tabela 3.1, em geral, foi determinada por BEZERRA *et al.,* (2011) através de fluorescência de raios X, apresentando os teores em que cada óxido se encontra nas conchas analisadas. Ainda em seus estudos, sugeriram que as conchas encontradas no litoral paraibano são das espécies *Anamalocardia Brasiliana* e *Tivela Mactroides*, contendo a forma cristalina Aragonita em sua estrutura.

Tabela 3.1 – Teores de óxidos obtidos por fluorescência de raios X para conchas de moluscos bivalves das espécies *A. brasiliana* e *Tivelamactroides.*

Composto (Óxido)	Concentração (%)
CaO	97,5372
Fe_2O_3	0,8697
SiO_2	0,8029
SrO	0,53
SO_3	0,1462
CrO_3	0,114

Fonte: Bezerra *et al.* (2011)

BECKER *et al.,* (2010) também estudaram a composição química de conchas de mariscos encontradas na Região Sul do Brasil, de diferentes espécies, e foi observado que os resultados obtidos são similares aos de BEZERRA *et al.,* (2011).

O carbonato de cálcio é usado na produção de vários produtos como mármore compacto para pavimentos e revestimentos, adubos, indústria de cerâmica, tintas, carga de polímeros, papel, entre outros (BOICKO, 2007).

Contudo, esse valor, como também os valores dos demais óxidos presentes, podem variar de acordo com as condições das águas em que o molusco se desenvolve, uma vez que esses animais são filtradores, não fazendo nenhuma distinção ou seleção dos organismos filtrados, conforme citado por PEREIRA (2006), comprovado pelo pesquisador KURUNCZI (2001), onde foi detectado através de suas pesquisas, teores de mercúrio (Hg) e chumbo (Pb) em cascas de mexilhões, devido a contaminação das águas onde se desenvolveram os moluscos.

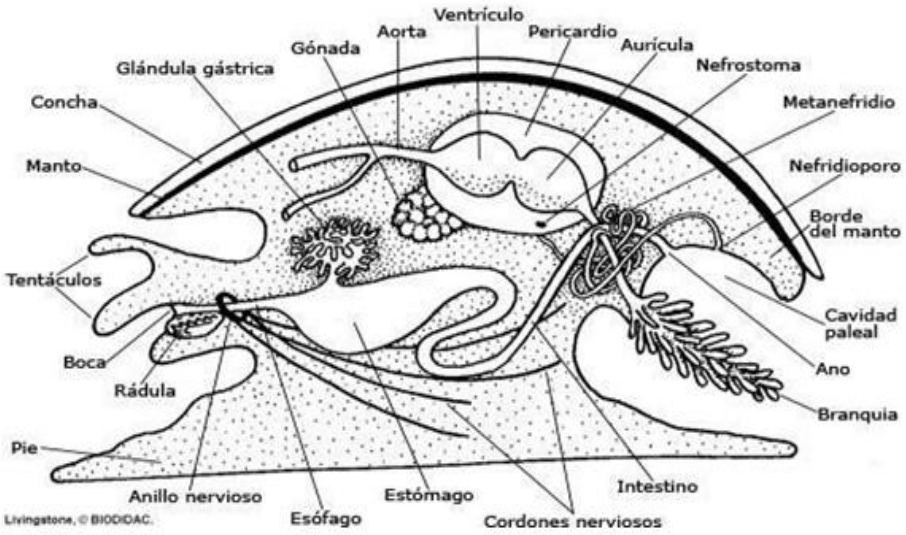
3.2.2 Estrutura da Concha

Independente do aspecto externo que apresenta, a estrutura transversal da concha é basicamente sempre a mesma apresentando grande complexidade. A organização das camadas sobrepostas de fora para dentro, podem-se distinguir as seguintes: Periostraco (do grego peri=em torno e ostrakon=casco): Está formado por conchionila (sendo portanto completamente orgânico) envolvendo o restante da concha.

Sua consistência é semelhante a uma membrana e nem sempre está presente de forma que em conchas que não tenham sido colhidas vivas é muito raro encontra-lo.Geralmente não apresenta-se de coloração destacada (habitualmente transparenteou em tons marrons) e carece de brilho. Sua função biológica parece ser a de proteger a concha de reações químicas com a água, evitando sua degradação por dissolução parcial do carbonato de cálcio. Também contribui para evitar a fixação de outros organismos em sua superfície e proporciona mimetismo na concha. Ostraco: É a parte interna e se divide em outras duas camadas, o ostraco propriamente dito e ohipostraco.

A primeira também formada na borda do manto, está formada por carbonato de cálcio, calcita ou aragonita, e se dispõe formando unidade verticais prismáticas cercada por uma camada de conchiolina. A segunda camada está formada por laminas paralelas na superfície da concha e quando são delgadas produzem um aspecto brilhoso na superfície interna, formando o que se conhece como nácar; se forma em toda a superfície do manto, aumentando de espessura durante toda a vida do animal. A figura 3.3, demostra toda a composição da estrutura desses moluscos que é formada por:

Figura 3.3 - Estrutura da concha dos moluscos



Fonte: Menendez, J.L 2007 Modificado)(2018).

3.3 Materiais utilizando subprodutos da malacocultura

As conchas de moluscos são valiosas fonte de cálcio. Elas são constituídas basicamente de Carbonato de Cálcio (CaCO3), substância química utilizada em larga escala em diversos ramos para a produção de cal (virgem e hidratada), rações, adubos, espuma de polietileno, medicamentos, e construção civil (OLIVEIRA e LIMA, 2016). Diversos pesquisadores ao redor do mundo têm estudado a viabilidade da utilização de conchas de moluscos na produção de concreto, argamassas, elementos pré-moldados, suplementação alimentar de animais e na produção de adubo orgânico (MARTINEZ, 2016; RODRIGUEZ ÁLVARO, 2014).

3.3.1 Estudos com incorporação de subprodutos da malacocultura

3.3.1.1 Avaliação laboratorial de conchas usadas como agregado fino em asfalto

Martínez (2016), A construção e manutenção de estradas causa o esgotamento de agregados naturais, em virtude da depleção dos recursos naturais utilizados na produção destes. A geração de conchas pela ostreicultura oferece oportunidade do uso de um subproduto como alternativa de alta performance e melhor custo benefício em relação aos agregados naturais. A gestão ambiental para que haja descarte eficiente das conchas ainda é insuficiente. Para que fosse apropriada, são necessárias estratégias de gerenciamento de resíduos por parte das autoridades, além do fornecimento de lixões. Sendo assim, a utilização destes subprodutos como material para construção oferece alternativa de baixo custo energético para a reciclagem. A mistura de asfalto quente (Hot Mix Asphalt - HMA) é a combinação do agregado, do aglomerante e vazios de ar. Em mistura comum de HMA o agregado normalmente compõe cerca de 95% do peso. Uma alternativa para os depósitos naturais ou rochas trituradas é a inclusão de subprodutos como agregado fino na substituição nas misturas de asfalto, desde que sejam confeccionadas nas proporções adequadas.

O estudo realizado por Ruíz et al. (2018) teve como objetivo analisar da viabilidade do uso da concha da Vieira Peruana moída como agregado substituto do cimento na fabricação de HMA. Para isto, a caracterização das conchas como agregado na mistura de asfalto quente foi confeccionada utilizando o teste de estabilidade e fluxo de Marshall, teste de tensão indireta e teste de fluência estática para avaliar o efeito das conchas na performance da HMA. Esses testes são comuns na indústria peruana de pavimentação e são atualmente aceitos como práticas padrão. O agregado graúdo foi obtido na Mina Sojo e o agregado fino na Mina Cerro Mocho, ambos bancos aluviais comerciais localizados próximo à Piura, no Peru. As conchas foram coletadas em aterro municipal e para sua higienização foram lavadas manualmente com água para remover os resíduos orgânicos, secas e manualmente trituradas.

Quatro misturas de concreto asfáltico foram investigadas. A primeira foi a mistura de asfalto quente padrão, contendo todos os agregados normalmente

utilizados. Nas outras três misturas, a concha da vieira peruana foi utilizada como substituição parcial do agregado fino, nas porcentagens de 4%, 5% e 30%. A substituição não linear foi projetada para permitir a maior sensibilidade em baixos níveis de concentração. Duas séries de concentração de ligante foram fabricadas. Para cada mistura de agregado e conteúdo de aglomerante asfáltico três amostras foram replicadas.

Os resultados mostraram que a utilização das conchas na mistura quente de asfalto aumentou o conteúdo ideal de asfalto de 5,25% para 5,70%. As conchas em tamanhos menores que 1mm podem reduzir os vazios de ar e acrescer a estabilidade e o fluxo, produzindo mistura mais rígida comparado à mistura que utiliza os agregados padrões. Os testes de fluência estática mostraram que a adição de conchas como agregado fino pode reduzir a deformação permanente das misturas, além de também apresentarem maior resistência ao efeito de decapagem se comparado à mistura padrão.

3.3.1.2 Estudo da incorporação de pó de concha de marisco em massa de porcelanato

Estudo da incorporação de pó de concha de marisco em massa de porcelanato Na produção do porcelanato, o desafio inicia-se na seleção das matérias-primas que compõem a massa cerâmica. Usualmente, os carbonatos de cálcio utilizados na produção desta são extraídos de jazidas que contêm minerais como calcário e dolomita. Entretanto, o uso de carbonatos provenientes de fontes minerais tem causado vasta degradação ao meio ambiente e aumentando a escassez destes minerais. Sendo assim, torna-se necessária a realização de estudos que possam contribuir não só com a redução do impacto ambiental como também economizar as reservas de minerais naturais. O trabalho teve como objetivo analisar os efeitos do uso do pó de conchas de mariscos na composição de fase e nas propriedades tecnológicas de corpos cerâmicos. As propriedades foram comparadas àquelas de amostras preparadas com carbonato de cálcio comercial (fase calcita).

Pós de conchas de mariscos do litoral paraibano foram incorporados a formulação cerâmica (massa padrão) usada por indústria local para a produção de porcelanato. As conchas de marisco foram moídas via seca, em moinho de discos, para obtenção de pó fino, posteriormente peneirado para obtenção de

partículas com diâmetro menor ou igual a 74µm (#200). Após o processo de peneiramento foram formuladas composições à base de pó de conchas/massa cerâmica e CaCO3 comercial/massa cerâmica, nas quais o pó de conchas e o CaCO3 comercial foram adicionados em proporções de 0, 3, 5 e 7% do teor mássico. Após a sinterização os corpos de prova foram submetidos aos ensaios tecnológicos para determinação de propriedades físico-mecânicas de absorção de água, porosidade aparente, retração linear de queima, massa específica aparente e tensão de ruptura à flexão em três pontos segundo os critérios previstos pela NBR 13818/1997.

Foi constatado no estudo de Fulgêncio et al. 2018, de maneira geral, que a introdução de carbonato de cálcio proveniente de conchas de marisco em até 7% de incorporação proporcionou às propriedades mecânicas os valores desejados ao produto final. Os ensaios tecnológicos mostraram que o CaCO3 desempenha função de regulador dimensional, podendo evitar trincas microestruturais e diminuir a temperatura de sinterização. Essa tendência a diminuição da temperatura de sinterização é devido à maturação da massa padrão, ocasionando redução dos custos energéticos e do tempo do ciclo de sinterização. Dessa forma, entende-se que as conchas de mariscos mostra-se como alternativa promissora na indústria cerâmica, contribuindo não só com a redução dos impactos ambientais, mas também com a redução dos custos de produção.

3.4 Impactos gerados pelo descarte de conchas no ambiente

Os impactos causados pelo descarte de ostras na biodiversidade são raramente positivos, às vezes neutros, mas, normalmente, negativos, os quais estão representados (na Figura 3.4 e 3.5). Esses impactos surgem principalmente da utilização dos recursos, tais como o espaço, a água, matéria prima e alimento, bem como a partir da produção de resíduos de origens orgânica e inorgânicas (ex: produção de excretas, introdução de microorganismos patogênicos e parasitas no ambiente, acúmulo de restos de organismos cultivados e liberação de antibióticos nos efluentes de viveiros e laboratórios de cultivos). Impactos negativos podem ser diretos, por exemplo, pela introdução de material genético exótico no ambiente ou indireto, por perda

de hábitat e nicho ecológico (ROSS & KELLY, 1994).

A legislação e as regulamentações são ferramentas que, em conjunto com uma fiscalização eficiente das áreas de produção e beneficiamento de ostras, constituem soluções para minimizar os problemas ambientais causados pela ostreicultura. A instrução normativa publicada pelo IBAMA, Instrução normativa n° 105 de 20 de julho de 2006, estabelece regras em relação à destinação de resíduos provenientes da atividade de malacocultura (cultivos de moluscos bivalves). O documento proíbe a deposição no mar de resíduos provenientes dessa atividade, como: Conchas, restos de cordas, cabos e panos de rede. Neste documento consta que o empreendedor é responsável pela destinação dos resíduos oriundo de suas áreas de produção e pela retirada das estruturas de cultivo abandonadas em águas de domínio da União.

Figura 3.4 –Impacto causado pelo descarte incorreto da casca de marisco

Fonte: A Autora (2023)

Figura 3.5 –Impacto negativo ao meio ambiente pela casca de marisco

Fonte: A Autora (2023)

3.5 Utilização na cosntrução civil

A exploração dos recursos naturais para produção de diversos tipos de materiais vem aumentando, à medida que se eleva o crescimento populacional e se amplia o desenvolvimento industrial. Esses fatores vêm ocasionando grandes alterações no meio ambiente. A indústria da construção civil, por exemplo, é um dos segmentos que promovem grandes impactos ambientais, dentre os quais, destacam-se: a poluição atmosférica; grandes consumos de energia; geração de resíduo; e a utilização de grandes quantidades de recursos naturais (PIOVEZAN JÚNIOR, 2007).

Lintz *et al.* (2012) afirmam que a construção civil é responsável pelo consumo excessivo de recursos naturais provenientes de fontes não-renováveis. Muitos resíduos de outros processos industriais vêm sendo estudados para a aplicação na construção civil, e alguns destes resíduos já se tornaram subprodutos, em face de sua grande utilização, a exemplo da escória de alto-forno (MIZUMOTO; SALLES, 2012), cinza volante (SIQUEIRA, 2011) e sílica ativa (HOFFMANN, 2001).

Outros resíduos têm sido estudados na busca não só de minimizar o impacto causado pela exploração de matéria-prima para construção, como também para a destinação adequada desses resíduos, a exemplo dos resíduos de moluscos bivalves (conchas). Produtos oriundos do carbonato de cálcio ($CaCO_3$) podem reagir por meio da estabilização química de alguns materiais devido à sua capacidade de estagnar a corrosão. Bastante utilizado, o CaO é usado para evitar a corrosão nos materiais de construção civil (SANT'ANNA; SILVA, 2007). Yoonet al. (2003) e Yang (2005) pesquisaram a possibilidade de substituir alguns agregados na fabricação de cimento por conchas de ostras moídas, através da mistura de areia e concha de ostra moída. Segundo Yoonet al. (2003), a utilização dos Remar na produção de cimento apresentou as mesmas características aceitáveis que o uso da areia.

Os resultados experimentais demonstram que as conchas de bivalves marinhos por serem materiais ricos em calcário são eficazes na substituição da areia, indicando uma potencialidade no uso desses recursos (YOON et al., 2003).

Pesquisadores em Santa Catarina estudam a resistência de blocos com

mistura de conchas de ostras, viabilizando sua produtividade, onde a obtenção do material, com cerca de 40% de porosidade, seria capaz de contribuir para manter a umidade de um ambiente entre 40% e 60%, considerado ideal para o conforto humano. Esse material conhecido como ‒cerâmica de terra‖ é produzido a partir de conchas calcinadas (óxido de cálcio – CaO), caulinita calcinada e óxido de silício (SiO2) (PETRIELLI, 2008).

No processo produtivo do cimento, a extração das matérias-primas necessárias (carbonato de cálcio, sílica, alumínio e minério de ferro) são geralmente extraídas em minas de rochas calcárias ou argilosas por meio do uso de explosivos, com produção de impactos negativos associados ao ambiente natural que as indústrias buscam evitar através do aprimoramento tecnológico (LAFARGE, 2015). Na construção civil tem-se a fundação ou alicerce que é um termo utilizado na engenharia para designar as estruturas responsáveis por transmitir as solicitações das construções ao solo. Baldrame, alicerce, chame como quiser, como se fosse do ‒pé‖, A RAIZ da casa. Lembrando que ‒vigas‖ são iguais às colunas, só que ficam na horizontal, o baldrame é o conjunto de vigas interligadas que se sustenta sobre afundação. Ela que evita a rachaduras e fissuras na parede.

Em algumas comunidades da Paraíba há a utilização da casca de marisco na própria fundação das residências, este material vem sendo utilizado de diversas formas; na Figura 3.6 tem-se um exemplo deste uso, localizado na Barra de Mamanguape no municio de Rio Tinto.

Figura 3.6 - Uso da casca do marisco na Fundação das casas da Barra de Mamanguape

Fonte: A autora (2023).

3.6 A cal das conchas de mariscos

A cal é um aglomerante simples, leve e poroso produzido pela calcinação a uma temperatura inferior de infusão (850 a 9000 ºC), dependendo da sua composição química, ela pode apresentar dois tipos da rocha calcária:

- Cal calcítica – quando é composta predominantemente por carbonato de cálcio (CaCO3) (Calcita).

A reação da calcinação no caso da cal cálcica, está representada na equação:

- $CaCO_3 + 21Kcal\ CO_2 +$ CaO (Cal viva) $CaO_3 +\ H_2O\ Ca(OH)_2$ calor (Cal hidratada)

No caso da cal dolomítica, ($CaCO_3$ e $MgCO_3$, que produz CaO e MgO; a sua hidratação é mais lenta (Guimarães, 1982).

Essa ocorrência deixava como resíduos um pó branco da cal virgem, que sendo retirado para fora da caverna, e em contato com a influência da umidade, este pó reagia se transformando em cal hidratada ou extinta. (GUIMARÃES, 2002). Este pó branco chamava a atenção dos cavernícolas, que logo deram algumas utilidades para este material em suas marcações e pinturas dos seus corpos, (GUIMARÃES, 2002). Os vestígios biológicos encontrados nos sambaquis indicam que o tipo de alimentação daqueles grupos humanos era baseado em frutos do mar, pois geraram refugos nos quais abundam elementos muito resistentes como conchas de moluscos, carapaças de crustáceos, ouriços (LIMA, 2000).

A trajetória dos achados do uso da cal é ainda pouco conhecida, aparecendo em algumas obras, empregadas na produção de argamassas como se seguem: 3000 a.C – Em terreno de solo argiloso na região do Tibet foram achadas ruínas cujo solo foi estabilizado com cal para a construção da pirâmide de Shersi, conforme anota Oates, citado por Guimarães (2002).

Em 2000 a.C. – arqueólogos encontraram no Palácio de Knossos, em Creta, Grécia, locais revestidos com duas camadas de argamassas com cal e fibras de cabelo, para melhor consolidação, utilizadas como telas para afrescos. Boynton, R.S., citado por Guimarães (2002).

Em 1.000 a.C. – uma extensa muralha foi construída em torno de Jericó, a 23 km de Jerusalém para proteger a cidade dos invasores. Mesmo assim foi

tomada e destruída pelos israelitas quando entraram na terra prometida liderada por Josué. Humberto Eco, em O nome da Rosa, (Guimarães 2002), cita que entre os tesouros guardados em abadia beneditina, cenário da sua narrativa, havia uma ampola com uma amostra de argamassa usada na construção da muralha.

Em 350 a.C. Xenóphon citado por Guimarães (2002), registra que um navio com carga mista de linho de cal para classificação da fibra têxtil naufragou nas proximidadesde Marselha, no Mediterrâneo. Nesta mesma época Plínio e Vitrúvio apontam o uso de cal no Mausoleum (tumba do rei Mausolus de Cária, sudoeste da Ásia Menor) para a proteção das paredes. Em 228 a.C. – a monumental muralha da china, com 2.400 km de extensão de Pequim, em direção a Mongólia, iniciada na dinastia Tsin (221-207 a.C.), visando à proteção dos povos nômades, foi construída, em certos trechos, empregada uma mistura bem compactada de duas partes de terra argilosa e três partes de cal, com eventuais adições de claras de ovos. Tal mistura foi utilizada para a construção de fundações.

3.7 Estudos existentes com a utilização da concha de marisco

3.7.1 O Exemplo de Santa Cataina

O Estado de Santa Catarina representa cerca de 90% da produção total de ostras e mariscos do Brasil e é um dos principais produtores da América Latina. O processo deextrativismo da maricultura gera grandes quantidades de resíduos, que são majoritariamente as conchas de ostras. O molusco representa apenas 25% do peso total da ostra, ou seja, 75% do peso total da ostra é a concha, ou a parte da casca se torna resíduo após o consumo do molusco. Criando-se, assim um problema de grandes proporções.

A Engenheira Ambiental Bernadete Batalha Batista criou o programa para o reaproveitamento das cascas de ostras e mariscos juntamente com reaproveitamento de RCDs para a confecção do ―Bloco Verde‖. Esse bloco sustentável substitui agregados do bloco convencional, especificamente as areias finas e médias, por um pó feito com a casca da ostra.

3.7.2 Bloco Verde

A Pesquisa que alia a construção civil com o reaproveitamento das conchas dos mariscos é a monografia idealizada por Bernadete Batalha Batista. Projeto intitulado–Bloco Verde (ver na Figura 3.7); foi vencedor de vários prêmios ambientais no Brasil e no exterior. Santa Catarina, Estado situado no Sul do Brasil, é o maior produtor de mariscos do país, sendo responsável por cerca de 90% de toda a produção nacional, sendo ainda um exportador para países da América Latina.

A casca das ostras e mariscos é rica em carbonato de cálcio ($CaCO_3$), todo esse carbonato de cálcio poderia ser empregado em diversas atividades, como controlador de ph do solo, no processo de fabricação de tintas, vidros, ácidos, dentre outros, se não fosse descartado juntos aos RSUs. O Bloco Verde substitui especificamente areias finas e médias, ricas em dióxido de silício (SiO_2) pelo pó das ostras.

O processo é essencialmente artesanal e inclui etapas de recebimento e estocagem dos resíduos da maricultura, sua lavagem e secagem, trituração das conchas. Após a trituração, o pó é misturado aos outros agregados (pó de pedra, pedrisco, cimento) para a confecção de –Blocos e Pavimentos Verdes‖. As propriedades químicas do carbonato de cálcio garantem a qualidade do novo produto, que tem seus custos de produção minimizados em até 40%. As propriedades mecânicas e de absorção também apresentam melhoria na ordem de 30%.

Figura 3.7 - Bloco Verde

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

3.8 Caracterização da matéria prima

3.8.1 Difração de raios X

Os raios-X são radiação eletromagnética de comprimentos de onda entre aproximadamente 0,1 nm e 0,01 nm. O espalhamento de raios-X pelos átomos de um material pode ocorrer de forma elástica, ou seja, sem perda de energia ao atingir os elétrons. X (CALLISTER, 2005). Nesse caso, após a colisão com o elétron o fóton muda a sua trajetória, mantendo a mesma fase e energia do fóton incidente. Sob o ponto de vista da física ondulatória, podemos dizer que a onda eletromagnética é instantaneamente absorvida pelos elétrons e reemitida; cada elétron atua, portanto, como um centro de emissão de raios-X (CALLISTER, 2007).

Segundo Acchar e Marques (2016) a análise por difração de Raios X permite a identificação mineral por meio da caracterização de sua estrutura cristalina. A determinação da composição química dos materiais é de grande importância para sua caracterização. Essa análise raramente serve para caracterizar o material, se não vier acompanhado de dados físicos ou sem conhecer as espécies mineralógicas que contêm as matérias-primas.

3.8.2 Método do pó para difração de raios - X

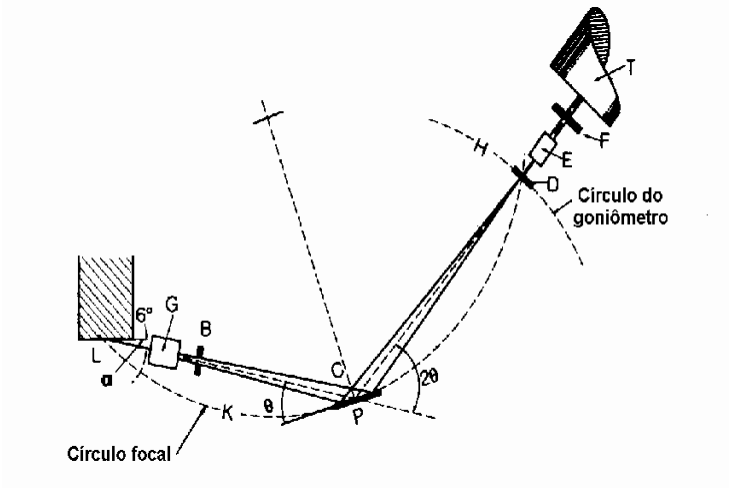
A análise por difração de raios X (DRX) é ferramenta que permite conhecer o tipo de estrutura cristalina dos materiais e estimar seu parâmetro e configuração de rede através de equipamento chamado difratômetro de raios X (GOMES, 2015). A técnica é amplamente utilizada para caracterização de rochas e materiais de pedra e permite conhecer a composição mineralógica de um material cristalino. O resultado deste teste é exibido através de picos de intensidade ao longo do espectro. Isto é, cada pico ou grupo de picos a comprimentos de onda específicos está associado a determinado mineral (RODRIGUEZ ÁLVARO, 2014).

Esse método ainda é o mais utilizado e fornece informações estruturais, tais como, parâmetro de rede e determinação de fase sobre o material que está sendo investigado. O método basicamente envolve a difração de um feixe de

raios-X monocromático por pequenos cristais ou por um pó fino. O feixe monocromático é obtido por meio do uso de um filtro de níquel. Muito utilizado na área de metalurgia, esse método também é eficiente para se estudar ligas polifásicas, produtos de corrosão, refratários, rochas. Além disso, apresenta a vantagem de não destruir e nem necessitar de um preparo especial do material em questão (CALLISTER, 2007).

Em geral, para material policristalino é muito usada uma configuração na qual o detector gira um ângulo que é o dobro do ângulo que gira a amostra. Esta configuração, conhecida como geometria θ-2θ ou como geometria de Bragg-Brentano, está esquematiza da na Figura 3.8.

Figura 3.8 – Geometria Bragg-Brentano de um difratômetro de raios X, mostrando as diferentes fendas utilizadas.



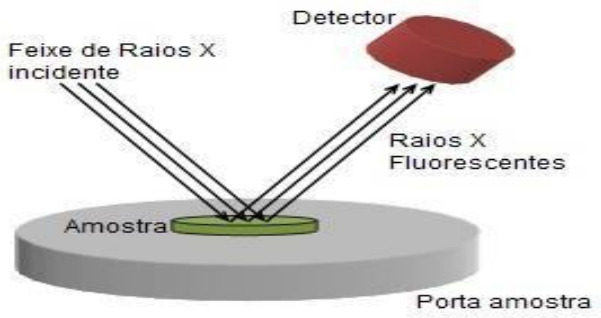
L – fonte de raios X G
- fendas soller
B – fenda divergente
C -amostra
D-fenda receptora
E – fendas soller
F-fenda de espalhamento
T – detector de RX

Fonte: (JENKINS, 1989 in GOBBO, 2009).

3.8.3 Fluorescência de raios - X

A técnica analítica de fluorescência de raios X (XRF) tem sido utilizada para a avaliação quali-quantitativa da composição química em vários tipos de amostras, de interesse agropecuário, agroindustrial, geológico e ambiental. Esta técnica, por ser não destrutiva e instrumental, e por permitir a análise de vários elementos simultaneamente, de modo rápido e a baixo custo, tem um elevado potencial de aplicação em várias áreas, onde há necessidade de correlação entre os elementos essenciais e tóxicos. (NASCIMENTO FILHO, 1999). Podendo ser vista na Figura 3.9.

Figura 3.9 - Diagrama esquemático típico da fluorescência de raios X por dispersãoem energia.



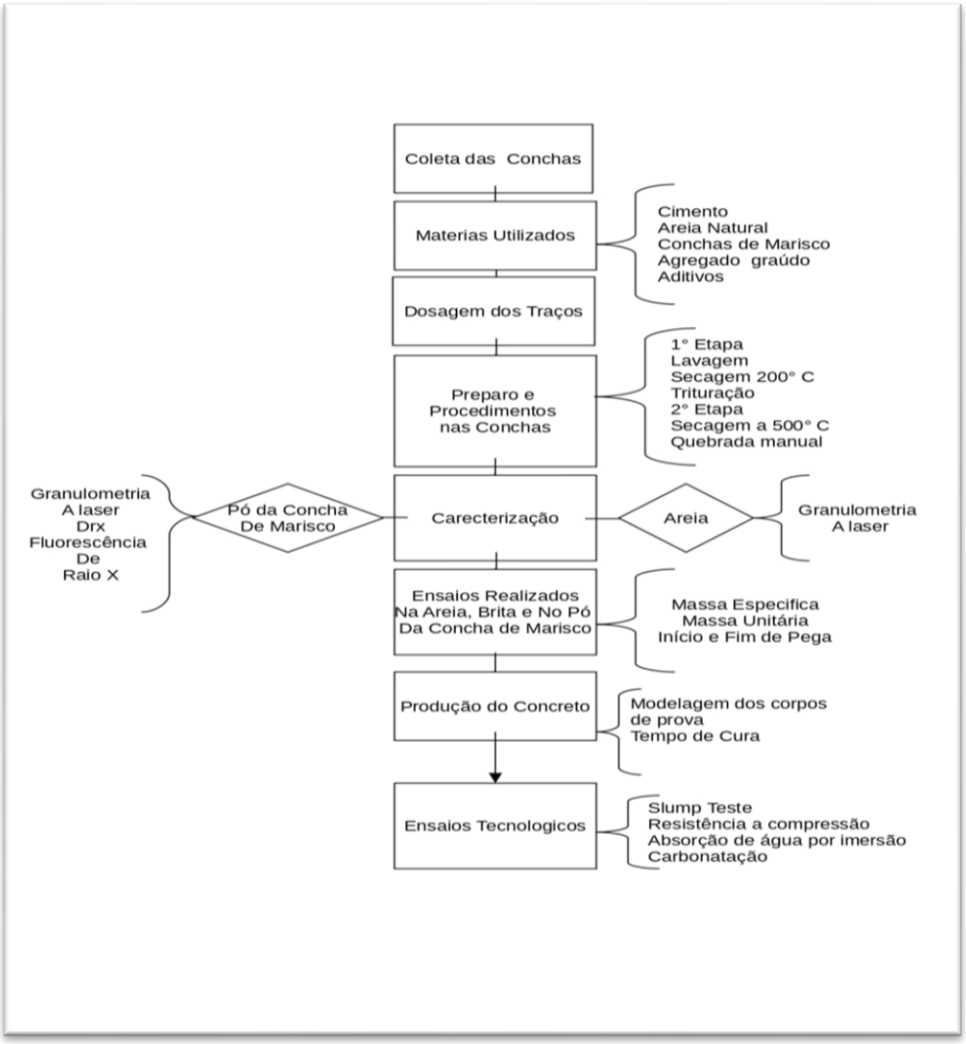
Fonte: researchgate.net (2014)

Quando um elemento de uma amostra é excitado, este tende a ejetar os elétrons do interior dos níveis dos átomos, e como consequência disto, elétrons dos níveis mais afastados realiza um salto quântico para preencher a vacância. Cada transição eletrônica constitui uma perda de energia para o elétron, e esta energia é emitida na forma de um fóton de raios-X, de energia característica e bem definida para cada elemento. Assim, de modo resumido, a análise por fluorescência de raios X consiste de três fases: excitação dos elementos que constituem a amostra, dispersão dos raios X característicos emitidos pela amostra e detecção desses raios X. (NASCIMENTO FILHO, 1999).

4.0 - METODOLOGIA

Essa seção tem como objetivo apresentar a metodologia utilizada para investigar e buscar comprovar a viabilidade da incorporação do pó de concha de marisco na produção de concreto, através dos processos representados graficamente no fluxograma da Figura 4.10.

Figura 4.10 - Fluxograma das Etapas De Pesquisas



Fonte: A Autora (2023)

4.1-Procedimentos de coleta e amostragem das conchas de marisco

Os locais que foram realizados a pesquisa estão descritos a seguir, o primeiro foi o laboratório do Curso de Graduação de Engenharia Civil no

Centro Universitário da Paraíba – UNIPÊ e o segundo no laboratório da UFPB; inicialmente realizou-se um estudo granulométrico a qual foi realizada nas amostras em estudo, utilizando o analisador de partículas a laser CILAS modelo 1090 das cascas de marisco para a obtenção do pó deste material e enfim substituí-lo pelo agregado miúdo na produção do concreto. É importante ressaltar que, as amostras das cascas foram realizadas em pontos distintos de cultivo do município de Lucena e também no municipio de Bayeux. As amostras foram coletadas no período entre 18 e 22 de Maio de 2022, assim podendo ser vista nas Figuras 4.11, 4.12 e 4.13 os pontos de coletas.

Figura 4.11– Barra de Mamanguape : primeiro ponto de coleta da amostra.

Fonte: A Autora (2023)

Figura 4.12- Município de Lucena o ponto principal da coleta, bairro chamado de Costinha:

Fonte: mapa de lucena paraiba atualizado - Bing images

Figura 4.13 – Coleta da amostra no 3° pontolocalizado em Bayeux- PB

Fonte: A Autora(2023)

4.2 Materiais Utilizados

4.2.1Cimento Portland

O cimento Portland escolhido para utilização na preparação dos concretos em estudo foi o cimento CP V ARI – (Alta Resistência Inicial); normatizado pela norma ABNT NBR 5733:1991, fabricado pela Cimpor. Aglomerante hidráulico que atende às exigências de alta resistência inicial, obtido pela moagem de clínquer Portland, constituído em sua maior parte de silicatos de cálcio hidráulicos, ao qual se adiciona, durante a operação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio.

É importante destacar que os primeiro traços foram usados um cimento que estava no laboratório da universidade o qual ao realizar o traço não deu certo, tendo que comprar um cimento novo e assim utiliza-lo e mante- lós em todos os traços analisados. O material carbonático utilizado como adição deve ter no mínimo 85% de $CaCO_3$. A designação ARI representa o mínimo de resistência à compressão aos 7 dias de idade, ou seja, 34,0 MPa.

4.2.2 Areia Natural

O agregado miúdo utilizado na produção dos concretos para o presente trabalho foi usado uma areia natural média de natureza quartzosa; cujo material passou pelos ensaios de granulometria, massa unitária e massa

específica demostrado na Tabela 4.2, com o objetivo de garantir uma melhor caracterização.

Tabela 4.2 - Resultados do ensaio granulométrico, massa específica e massa unitária do agregado miúdo.

GRANULOMETRIA DO AGREGADO MIÚDO			
Abertura das peneiras (mm)	**Peso retido**		
	N°	**(g)**	
4,8	**4**	27,9	**Dmáx. 4,8 mm**
2,4	**8**	51,2	
1,2	**16**	122,8	**Módulo de Finura = 2,65**
0,6	**30**	313,9	
0,3	**50**	344,7	
0,15	**100**	124,2	
Fundo		15,3	
Total		1000	
Massa específica aparente seca (g/mL) (ABNT NM 53: 2009)			**2,58**
Massa unitária (g/cm³) (ABNT NM 45: 2006)			**1,581**

Fonte: A Autora(2023)

4.2.3 Concha de marisco

A concha utilizada na produção dos concretos para o presente trabalho foi um material natural da natureza o qual serve como meio de sobrevivência para algumas populações ribeirinhas localizadas no município de Lucena e na Barra de Mamanguape, englobada (na Figura 4.14).

Figura 4.14 - Concha de marisco

Fonte: A autora (2023).

4.2.4 Agregado Graúdo

A brita tem muitas aplicações e diferentes tipos de indicações para cada situação. Sendo que este por sua vez foi disponibilizada pelo complexo Laboratorial de Engenharia Civil do UNIPÊ. A Tabela 4.3 apresenta o resultado do ensaio de caracterização do agregado graúdo, utilizado na produção do traço referencia.

Tabela 4.3 - Resultados do ensaio granulométrico da brita 1.

GRANULOMETRIA DO AGREGADO GRAÚDO		
Abertura das peneiras (mm)	**Peso retido (g)**	
1.0	0	**Dmáx. 9,5 mm**
1.2	0	
3.4	4,4	**Módulo de Finura = 5,77**
3.8	87,5	
4.0	674,3	
8.0	150,5	
Fundo	83,6	
Total	1.000,30	
Massa específica aparente seca (g/cm³) (ABNT NM 53: 2009)		**1,042**
Massa unitária (g/mL) (ABNT NM 45: 2006)		**2,65**

Fonte: A autora (2023).

Para se ter um melhor caraterística do agregado graúdo realizou-se o ensaio de granulometria que tem por objetivo, determinar a composição granulométrica do agregado graúdo, bem como conhecer o módulo de finura e a dimensão máxima característica do agregado, fundamentado na NBR 7217 a classificação da brita através de ensaio granulométrico que através de pesagem, peneiramento e com o auxilio de tabelas determinam em que classe a brita ira se enquadrar e com isso mostrara a sua classificação dentro das normas da ABNT.

4.2.5 Aditivos Químicos

Foi utilizado na dosagem dos concretos para este trabalho o aditivo MC-TechniFlow 520 é uma nova geração de plastificante /superplastificantes

para produção de concreto que une as características de robustez dos aditivos clássicos com as melhores propriedades de dispersão dos plastificantes /superplastificantes de tecnologia de última geração. Como consequência, além de suas vantagens técnicas também visa otimizar seu custo benefício. Concretos produzidos com MC-TechniFlow 520 possuem uma pasta de cimento mais densa e homogênea, bem como uma redução da permeabilidade.

Através da possibilidade de redução do volume de água da mistura, mantendo-se a mesma consistência e consumo de cimento, obtêm-se uma mistura com um fator água/cimento menor e portanto com maiores resistências e menos capilaridades. Caso o volume de água não seja reduzido, obtêm-se uma melhora da trabalhabilidade do concreto, o que reduzirá a necessidade de adensamento. MC- TechniFlow 520 também pode ser utilizado em conjunto com aditivos plastificantes / superplastificantes, incorporadores de ar e retardadores.

O MC-TechniFlow 520 deve ser adicionado no decorrer do processo de mistura ou no final para ajustes da trabalhabilidade. A utilização de equipamento de dosagem adequado é necessária. Os tempos de mistura, as normas e as recomendações técnicas para a produção, processamento e cura do concreto e concreto armado devem ser observadas. Recomendamos que testes preliminares sejam executados antes da utilização em grande escala. Ver na Figura 4.15.

Figura 4.15 - Aditivo - TechniFlow 520

Fonte: A Autora (2023).

4.3 Métodos

4.3.1 Dosagens dos Traços

4.3.2Concreto convencional

Devido ao fato deste trabalho buscar a análise comparativa do comportamento do concreto com a substituição do agregado miúdo pelo pó da casca de marisco, definiu-se inicialmente um traço de referência para um concreto convencional, através da característica da dosagem de concreto, utilizando o método da curva ABCP: O método ABCP foi publicado em 1984 pela Associação Brasileira de Cimento Portland como um Estudo Técnico titulado ― Parâmetros de Dosagem do Concreto‖, da autoria do Eng. Públio Penna Firme Rodrigues (revisado em 1995). Este método, baseado no texto da Norma ACI (American Concrete Institute) 211.1-81, constitui-se numa adaptação prática do método americano às condições brasileiras e permite a utilização de agregados graúdos britados e areia de rio que se enquadram na norma NBR 7211 (ABNT, 1983)-Agregados para concreto. Este método considera tabelas e gráficos elaborados a partir de valores médios de resultados experimentais e constitui-se numa ferramenta de dosagem de concretos convencionais, adequada aos materiais mais utilizados em várias regiões do Brasil; Preocupa-se com a trabalhabilidade através de diversos fatores relativos aos materiais , às condições de execução e adensamento e às dimensões da peça. Este procedimento de dosagem, desenvolvido para concretos de consistência plástica a fluida, fornece traços com baixos teores de areia, tentando obter misturas mais econômicas. Pode ser apresentado numa sequência de etapas bem definidas, que incorporam um conjunto de tabelas, que facilitam a determinação dos parâmetros necessários para a obtenção do traço de partida. Assim temos a definição do traço o qual foi produzido dia 08 de Maio de 2022 utilizando as quantidades de materiais calculadas e demonstradas a seguir na Tabela 4.4: O traço escolhido corresponde a um concreto com Fck 40 MPa.

Tabela 4.4 - Traço utilizado para a moldagem dos corpos de prova

TRAÇO REFERÊNCIA			
Cimento (Kg)	Areia (Kg)	Cascalinho (Kg)	a/c
1	1,56	2,45	0,43

Fonte: A autora (2023).

4.3.3 Concreto com a concha de marisco

Como está apresentado na Tabela 4.5, sendo escolhido o percentual que apresentasse a menor alteração ás propriedades do concreto.

Tabela 4.5 – Composição dos traços utilizados para 1kg de cimento

MATERIAIS	CONCRETO (RF)	CONCRETO COM 15% (CM)	CONCRETO COM 20% (CM)	CONCRETO COM 25% (CM)	CONCRETO COM 30% (CM)	CONCRETO COM 40% (CM)	CONCRETO COM 50% (CM)	CONCRETO COM 60% (CM)	CONCRETO COM 80% (CM)	CONCRETO COM 100% (CM)
CIMENTO (Kg)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AREIA (Kg)	1,56	1,326	1,12	1,17	1,092	0,936	0,78	0,936	0,312	0
BRITA (Kg)	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45
PÓ DA (CM) (Kg)	0	0,234	0,28	0,39	0,468	0,624	0,78	0,264	1,248	1,56
ÁGUA (Kg)	0,43	0,42	0,29	0,42	0,29	0,34	0,44	0,29	0,45	0,5
ADITIVO (%)	1,07	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Fonte: A autora (2023)

Depois de dosar o concreto referencia e consequentemente o traço em estudo, ambos calculados pelo método ABCP/ACI, onde no concreto em estudo com conchas de marisco foi dosada em diferentes percentuais de substituição, entre 15%,20%, 25%, 30%, 40% ,60%, 80% e 100%.

4.4 Preparo e Procedimentos das conchas para a produção do concreto

As Figuras 4.16 e 4.17 traz o material que foi coletado em dois pontos distinto, mostrando a limpeza das conchas de mariscos na qual se deu em várias etapas, sendo primeiramente realizada uma seleção manual individual, para remoção das impurezas maiores, e separação das conchas atravez da

lavagem manual realizada com uma peneira metálica, por 30 minutos, e sequencialmente por mangueira. Na seguência as conchas foram submetidas à secagem em estufa a 200° C.

Figura 4.16 - Lavagem manual das conchas

Fonte: A autora (2023)

Figura 4.17 - Material levado à estufa para seca 200° c

Fonte: A autora (2023).

Em seguida as Figuras 4.18; 4.19; 4.20; 4.21; e 4.22 apresentam a continuidade para a produção do concreto sendo assim na seguência foi realizada a moagem em o triturador de mandíbulas (ver na Figura 4. 20) e também foi utilizado o moinho de bolas, até se obter o máximo possível de passante na peneira de abertura 4,8mm (ver na Figura 4.21). Assim o material foi levado à estufa para que se pudesse obter um material bem seco e sem impurezas. Este procedimento se fez necessário realiza-lo algumas vezes para que se pudesse obter mais material e produzir mais concreto com o pó da concha de marisco.

Figura 4.18 - Triturador de mandíbulas utilizado para trituração das conchas de marisco

Fonte: A autora (2023).

Figura 4.19 - Moinho de bolas utilizado para trituração das conchas de marisco

Fonte: A autora (2023).

Vale resaltar também que nas Figuras 4.20 teremos à secagem em estufa a 500° C, elevando as conchas em altas temperaturas e na Figura 4.21 pode-seacompanhr como foi realizada a quebra manualmente através do pilão metálico.

Figura 4.20 - Estufa – Temperatura 500° C

Fonte: A autora (2023).

Figura 4.21 - Quebra das Conchas com Pilão Metálico

Fonte: A autora (2023).

A Figura 4.22 demostra que devido ao curto espaço de tempo para a elaboração do concreto, foi decidido trabalhar com peneiras intermediárias as de malhas # 16, # 30 e # 50, a qual foi decidida produzir o concreto na peneira # 50.

Figura 4.22 – Agitador mecânico de peneiras.

Fonte: A autora (2023).

4.5 Caracterização do pó da concha de marisco

4.5.1 Análise granulométrica por difração a laser

A análise granulométrica foi realizada nas amostras em estudo, utilizando o analisador de partículas a laser CILAS modelo 1090. O equipamento apresenta faixa analítica de 0,04 a 500 µm, 64 detectores, 100 classificações de tamanho de partículas e 2 emissores de laser para envolver

essa faixa analítica citada anteriormente.

4.5.2 Fluorescência de raios X (FRX)

A determinação da composição química qualitativa foi realizada por meio do equipamento da Shimadzu EDX-720, vale ressaltar que os resultados são semiquantitativos. As análises foram realizadas em pós, com atmosfera a vácuas e em termos de óxidos. As medidas foram realizadas via seca.

4.5.3 Difração de raios X (DRX)

As análises no DRX, pelo método pó, foram realizadas utilizando o difratômetro Shimadzu XRD – 7000 nas seguintes condições de operação: radiação CuKα (35KV/ 40mA), velocidade do goniômetro 0,02° em 2θ por passo, com o tempo de contagem de 1,0 segundos e coletados de 10° a 55° .

4.6 Ensaios realizados com , brita e o pó da concha de marisco

4.6.1 Ensaio da massa específica

O experimento realizado teve o intuito de determinar a massa específica da areia,da brita e do pó da concha de marisco, segundo a metodologia indicada por Izquierdo (2011), através da imersão do material em liquido (água), medindo o volume previamente e posteriormente a imersão do material. Este processo nos permite determinar a massa especifica absoluta ou densidade absoluta do Pó da concha de marisco numa relação entre a massa, de quantidade determinada, e a variação de volume do liquido obtido no processo de imersão. Para realização do ensaio utilizaram-se os seguintes materiais: Frasco Volumétrico de Le Chatelier; Pó da casaca de marisco (no estado seco); Recipiente; Concha; Funil; Balança de Precisão; Água.

Procedimento: Adiciona ao frasco de Lê Chatelier 200 ml de água; Em seguida coloca-se o frasco sobre uma superfície reta e faz-se a 1ª leitura (L_0) na parte inferior do menisco; A seguir, com auxilio de uma espátula e um funil de vidro, separa os 500g do pó da casca de marisco, tendo-se o cuidado de evitar

que o pó fique aderido nas paredes do frasco acima do líquido depois desta parte o frasco deverá ser fechado para assim verificar e anotar em que medida estar obtendo a leitura final (L_f).Para determinar a massa específica, precisa-se conhecer o volume e a massa dos agregados. Assim a massa específica foi obtida pela equação 1:

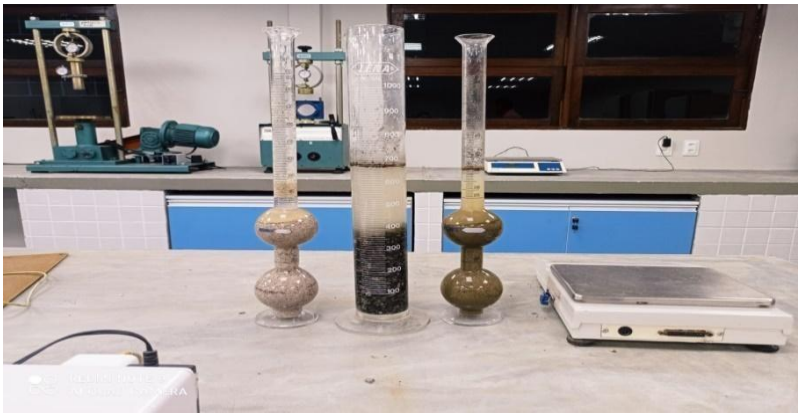
$$\rho_{espec\ real} = \frac{M_s}{(v_f - v_i) - [(M_{sat} - M_s)/\rho_{água})]}$$

na qual:

$\rho_{espec\ real}$: massa específica real, em gramas por centímetro cúbico;
Ms: massa seca após 24 horas na estufa, em gramas;
Msat: massa saturada seca ao ar, em gramas;
Vi: volume inicial do frasco, em centímetros cúbicos;
Vf: volume final do frasco, em centímetros cúbicos;
$\rho_{água}$: massa específica da água, em gramas por centímetro cúbico.

Na Figura 4.23 pode-se acompanhar a realização do ensaio da massa especifica da areia , da brita e do pó da concha de marisco.

Figura 4.23 – Ensaio da massa especifica da areia, da brita e do PCM



Fonte: A autora (2023).

4.6.2 Ensaio da massa unitária

A determinação da massa unitária é obtida através do ensaio

experimental, o qual utilizou os seguintes materiais: Recipiente com volume pré-definido; Areia, Brita e Pó da concha de marisco (estado seco); Espátula; Concha e Balança. Para o procedimento temos que determinar e registrar a massa do recipiente vazio; em seguida preenche-se o recipiente com o pó da concha de marisco até que o mesmo transborde, utilizando uma concha, despejando o agregado de uma altura não superior a 50mm acima da borda superior do recipiente. Evitar ao máximo a segregação dos agregados. Deve-se nivelar a superfície do agregado com uma espátula de forma a rasa-la com a borda superior do recipiente. Para assim determinar e registrar a massa do recipiente mais o seu conteúdo; repetir os passos acima citados mais duas vezes e a seguir anotar a procedência do material, data, hora e local do ensaio. Podendo ser visto na Figura 4.24 , 4.25 e 4.26.

Figura 4.24 – Pesagem dos 70g do pó da concha de marisco.

Fonte: A Autora (2023).

Figura 4.25 – Pesagem dos 70g da brita

Fonte: A Autora (2023).

Figura 4.26 – Pesagem dos 70g da areia

Fonte: A Autora (2023).

Realizados todos os procedimentos de execução do ensaio, conforme preconiza a NBR NM 45:2006 , foram obtidos os resultados através dos cálculos das da equação 2:

$$\rho_{Agregado} = \frac{M_{ar} - M_r}{V}$$

Onde;

$\rho_{Agregado}$ = é $a\ massa\ unitária\ do\ agregado,$

m_{ar} = é $a\ massa\ do\ recipiente\ mais\ o\ agregado;\ em\ quilogramas,$

m_r = é $a\ massa\ do\ recipiente\ vazio, em\ quilogramas,$

V = é $o\ volume\ do\ recipiente, em\ metro\ cubicos,$

Para cada execução do ensaio obtenha um resultado, em seguida foi feita a média dos resultados e obtenha o resultado final.

$$\rho_m = \frac{\left(\rho_{agregado\ I} + \rho_{agregado\ II} + \rho_{agregado\ III}\right)}{3}$$

ρ_m= é $a\ média\ da\ massa\ unitária\ do\ agregado;\ em\ quilogramas\ por\ metro\ cúbico;$

4.7 Realização de ensaios para definir tempo de pega

Na Figura 4.27 é demostrado o aparelho de vicat o qual é utilizado no ensaio para definir o tempo de pega. O tempo de pega é um experimento que permite descobrir o tempo que a pasta de cimento pode ser utilizada sem perder suas propriedades desejadas. Este ensaio foi realizado com a finalidade de analisar se a elevação da temperatura influência nos tempos de início e de

fim de pega do cimento. Tempo de pega: Segundo a NBR NM 65:2003, determinação do tempo de pega do cimento Portland, o ensaio deve ser realizado com o preparo de uma pasta de 500 g de cimento com consistência normal.

Figura 4.27 – Aparelho de vicat

Fonte: A Autora (2023).

O aparelho de Vicat possui uma agulha padronizada que deve ser penetrada na pasta de cimento em tempos definidos. O início de pega se dá pelo instante em que a penetração da agulha estabilizar em 4 mm (±1) do fundo do molde, e o fim de pega se dá pelo instante em que a agulha penetre apenas 0,5 mm da pasta de cimento.

4.8 Produção do concreto

A execução dos traços foi dividida em etapas. Primeiro foi elaborada a separação e pesagem dos materiais, em seguida a levou-se a betoneira e assim realizou-se a moldagem e cura dos corpos de provas. Os Concretos foram produzidos conforme a NBR 12821 (ABNT, 2009). Na betoneira (Figura 4.28) de eixo inclinado com capacidade de 130 litros.

Figura 4.28 – Betoneira de 130 litros

Fonte: A Autora (2023).

Na elaboração dos concretos os materiais foram colocados por partes,

iniciando com a preparação dos corpos de prova os quais são submetidos a passagem de óleo, ver na Figura 4.29.

Figura 4.29 – Moldagem dos corpos de provas.

Fonte: A Autora (2023).

Na sequência foi adicionado a areia; cimento e aditivo, assim misturando osmesmo até a homogeneização completa. Porém no concreto com a substituição do Pó da concha de marisco foi misturado ao cimento num recipiente aberto antes de ir a betoneira. A água de amassamento foi sendo adicionado aos poucos. Logo após este processo foram moldados 12 corpos de provas cilíndricos passando óleo nos corpos para depois ser preenchido com o concreto com dimensões de 10 x 20 cm para cada traço analisado. Após 24 horas de cura as amostras foram imersas no tanque com água há uma temperatura ambiente demostrada na (Figura 4.30); as mesmas passaram pelo processo de desmolde e conservada na cura úmida até o dia de seu rompimento, sendo estabelecido nesta pesquisa para as idades de 7,14 e 28 dias respectivamente.

Figura 4.30 – Corpos de provas imersas na água para cura

Fonte: A Autora (2023).

4.9 Ensaios realizados no concreto

4.9.1 Ensaio de abatimento do tronco de cone (Slumptest)

Depois de realizado o concreto na betoneira foi retirado uma amostra de concreto, procedeu-se com o ensaio de consistência pelo abatimento do tronco de cone (*slump test*). A aparelhagem utilizada foi:

- Molde metálico;
- Haste de compactação de seção circular em aço de 16 mm de diâmetro por 600 mm de comprimento;
- Placa de apoio do molde;
- Complemento tronco-cônico do molde;
- Colher de pedreiro;
- Trena de 5 metros.

O ensaio de abatimento foi realizado com o intuito de analisar as condições de trabalhabilidade dos concretos executados, seguindo os requisitos da NBR NM 67(ABNT, 1998). Com o traço utilizado obteve-se um *slump* de 10 mm, conforme (Figura 4.31), o que era suficiente para o adensamento manual dos corpos de prova. Todo este procedimento do ensaio foi repetido para todos os teores de substituição do agregado miúdo pelo Pó da casca de marisco, para que fossem analisadas suas características no estado fresco do concreto.

Figura 4.31 – Teste de abatimento de cone, execução do ensaio.

Fonte: A Autora (2023)

4.9.2 Resistência à compressão axial

Com o concreto na condição endurecida, os CPs foram avaliados em relação a resistência à compressão, estabelecida conforme a norma NBR 5739 (ABNT, 2007). Os ensaios foram realizados com a prensa hidráulica no laboratório do Centro Universitáriode João Pessoa (UNIPÊ).

Foram ensaiados 3 (três) corpos-de-prova de cada traço nas idades de 7,14 e 28 dias, respectivamente. O principal intuito de avaliar este ensaio é de traçar um comparativo entre os três tipos de concreto e avaliar resistência entre a substituição do agregado miúdo pelo pó da concha de marisco.

4.9.3 Absorção de água por imersão

Foi traçado o comparativo em relação ao concreto de referência, e com o pó da concha de marisco através deste ensaio que mede a quantidade de água absorvida, que segundo as diretrizes da NBR 9778 (ABNT, 2005) analisa a taxa máxima de água que o corpo de prova é capaz de absorver, como também, o volume dos seus poros. O ensaio foi realizado quando os CPs atingiram a idade de 28 dias.

4.9.4 Carbonatação

Foram realizados ensaios que visam também analisar a durabilidade dos concretos, logo foi ensaiado o processo de carbonatação, no qual foi preparada uma solução com fenolftaleína, sendo esta borrifada no concreto convencional e o com o pó da concha de marisco a fim de verificar se haveria alguma reação nos concretos.

Andrade (1992) cita que, com o uso de fenolftaleína, é detectada a região carbonatada do concreto que é aquela que não apresenta alteração de coloração, tendo pH inferior a 8,3. A região não carbonatada assume cor entre rosa a vermelho-carmim, de pH entre 8,3 e 9,5, ou somente vermelho carmim, de pH superior a 9,5.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

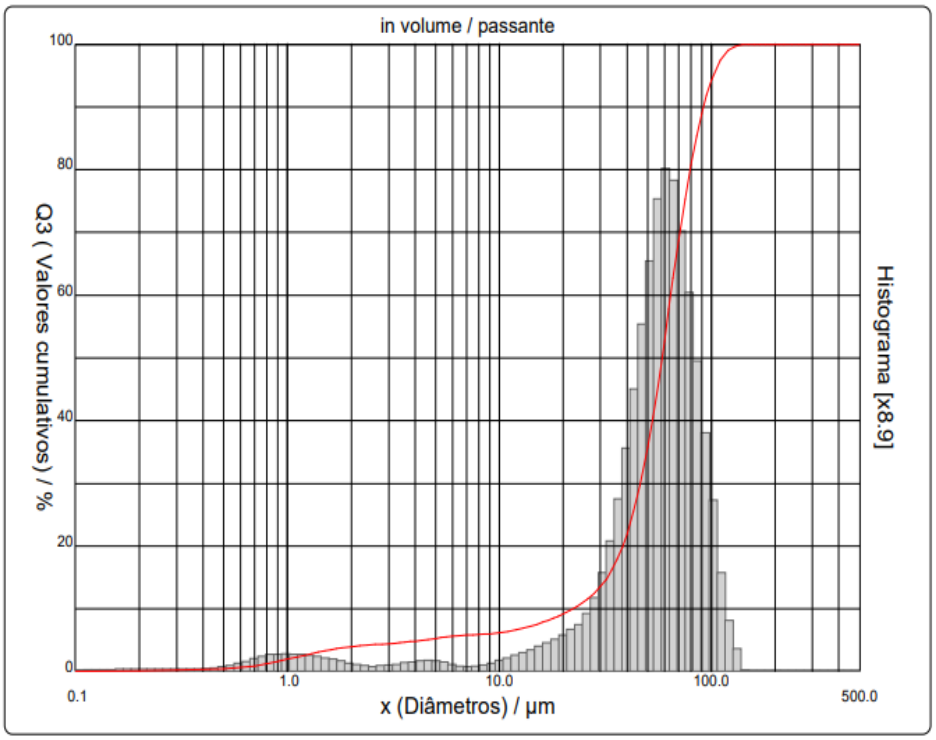
5.1 Caracterização dos materais

Serão apresentadas as discussões baseadas nos resultados obtidos de acordo os ensaios e análises realizados durante o trabalho.

5.1.1 Análise de granulometria a laser

A Figura 5.32 e 5.33 mostram os resultados obtidos por meio da técnica de análise granulométrica por difração a laser. Pôde-se inferir que o diâmetro médio das partículas de areia analisadas na amostra é de 58,05 µm.

Figura 5.32 – Distribuição granulométrica cilas 1090 seco - areia



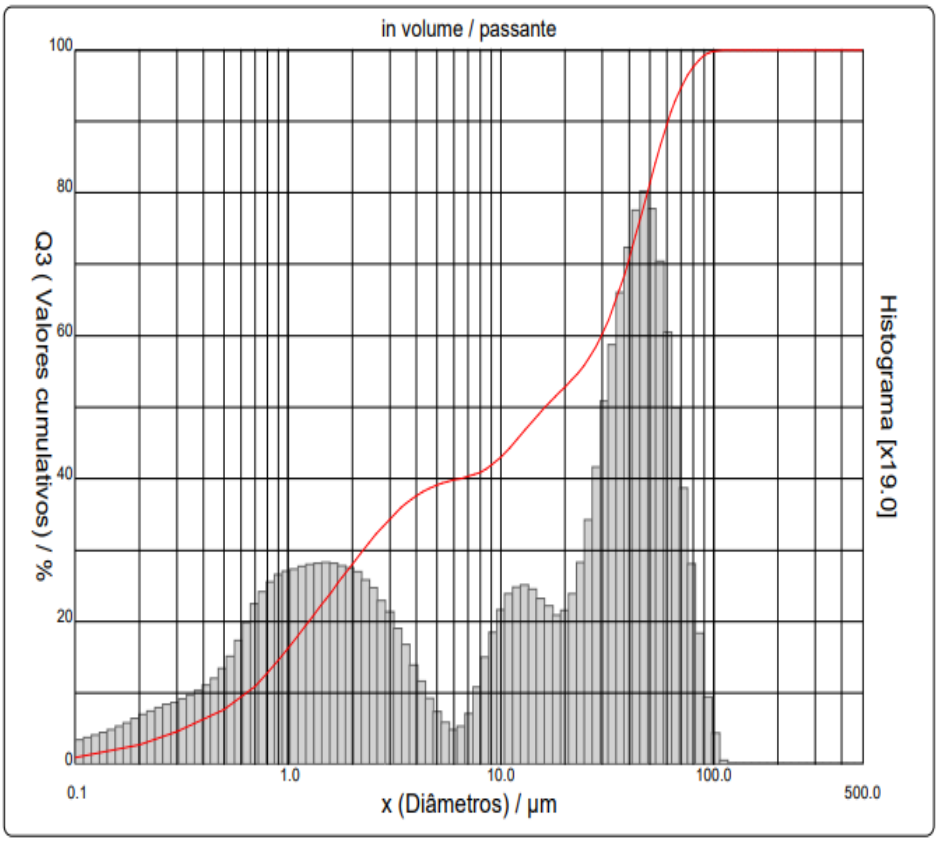
Fonte: A Autora (2023).

Já o resíduo do pó de marisco apresentou um diâmetro médio das partículas de aproximadamente 24,75 µm. Através da Figura 5.33 observa-se a distribuição granulométrica do resíduo reciclado.

Os módulos de finura da areia e do pó de marisco foram na ordem de

1,78 e 1,97 respectivamente. Os resultados encontrados estão dentro dos limites utilizáveis definidos pela NBR 7211:2022 que se refere aos requisitos para a produção de concretos de cimento Portland.Também foi possivel obserar pela curva granulometrica que a areia é unimodal, ou seja só tem um pico.

Figura 5.33 – Distribuição granulométrica cilas 1090 seco – pó da concha de marisco



Fonte: A Autora (2023).

Tabela 5.6 - Distribuição de tamanho das partículas das amostras

Material	D_{10} (µm)	D_{50} (µm)	D_{90} (µm)	Diâmetro médio (µm)
Areia	22,13	58,45	91,05	58,05
Pó do Marisco	0,63	16,12	60,82	24,75

Fonte: A Autora (2023).

De acordo com os resultados da análise granulométrica por difração a laser, o resíduo pode ser considerado como fino, onde partículas devem

apresentar diâmetros entre 10 µm e 100 µm (SANTOS, 2012). Vale ressaltar que a granulometria fina pode ser um fator favorável na reutilização desse tipo de resíduo na produção de concreto, pois o tamanho de partículas pode influenciar no empacotamento durante o processo de prensagem, e, consequentemente, nas propriedades físicas e mecânicas dos produtos (CHRISTOFOLETTI; MORENO, 2017). A curva do pó da concha de marisco contém mais de um pico e é classificada como polimodal.

5.1.2 Ensaio de fluorescência de raio X

A Tabela 5.7 apresenta os resultados da análise química qualitativa obtida por meio da florescência de raios X da amostra do resíduo do pó da casca de marisco (PCM), juntamente com resultados obtidos por diversos autores. A partir destes dados pode-se verificar que o principal constituinte da concha é o óxido de cálcio (CaO), mostrando um percentual de 97,511% . Deste modo, verifica-se que a concha de marisco é composta basicamente por carbonato de cálcio, podendo, portanto, servir como matéria prima para as mais diversas linhas de consumo do mineral. Outros elementos também foram detectados na composição da concha, no qual demostrou um percentual de Sílica (SiO_2) de 1,082% e um percentual de óxido de ferro (Fe_2O_3) de 0,474% mas que foram insignificantes para o processamento dos compósitos. Este resultado atende às expectativas, visto que na literatura, considerando diferentes espécies de moluscos bivalves o elemento encontrado em maior quantidade sempre é o cálcio, seja ele apresentado como CaCO3 ou outra forma.

Tabela 5.7 – Resultados de composição química qualitativa

	Composto (%)							
	CaO	SiO_2	SO_3	Fe_2O_3	SrO	K_2O	CuO	CO_2
PCM	97,511	1,082	0,39	0,474	0,32	0,204	0,018	0,00
13	95,7	0,88	0,66	0,72	0,4	0,54	----	----
14	94,7	2,58	0,31	-----	0,19	-----	0,01	----

Fonte: A Autora (2023).

Segundo Mo et al. (2018) em sua revisão sobre o uso de conchas de moluscos na fabricação de concreto encontraram média de porcentagem de

CaO em conchas de ostra de 62,4%, valor consideravelmente inferior ao encontrado no presente trabalho, o que indica que a concha de marisco possui maior quantidade de cálcio em sua composição química, se comparada às outras espécies.

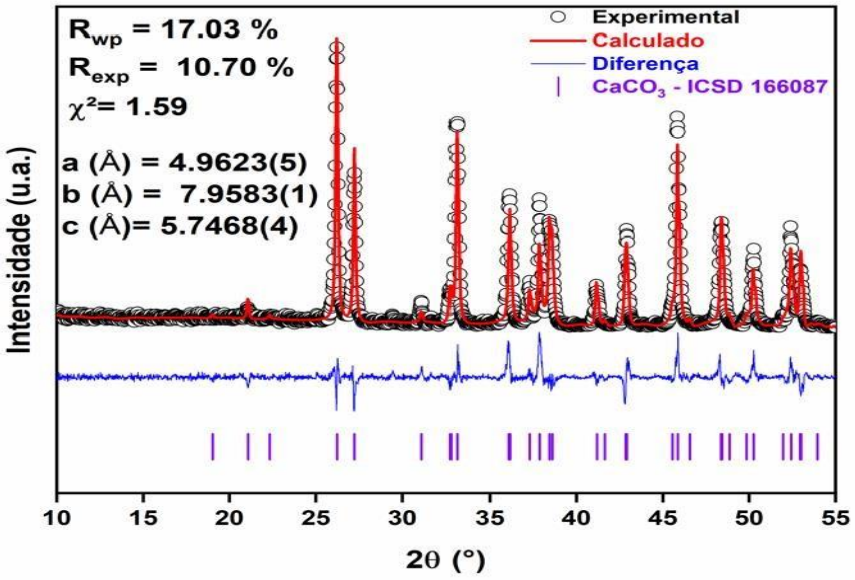
Em 2003, Yoon et al. já analisavam a possibilidade da utilização das conchas de ostra na indústria da construção civil, tendo para isso também realizado o FRX de determinada espécie de ostra e encontrando percentual de 95,9% de carbonato de cálcio em suas amostras.

Pode se observar que o resultado obtido de 97,511% de CaO é bem semelhante ao obtido na casca de mexilhão avaliada por Hamester (2010)[13] e de Martínez-García et al. (2016)[14].

5.1.3 Ensaio de DRX

No difratograma de raios X da amostra do pó de concha de marisco (Figura 5.34) foram identificados picos de calcita, polimorfo do carbonato de cálcio, o que corrobora com o resultado da análise de fluorescência de raios X apresentada anteriormente, onde a amostra apresentou mais de 97% de óxido de cálcio em sua composição química. Seo et al. (2019) também encontraram a calcita como estrutura cristalina do PCO.

Figura 5.34– Difratograma de raios X da amostra do pó de marisco.

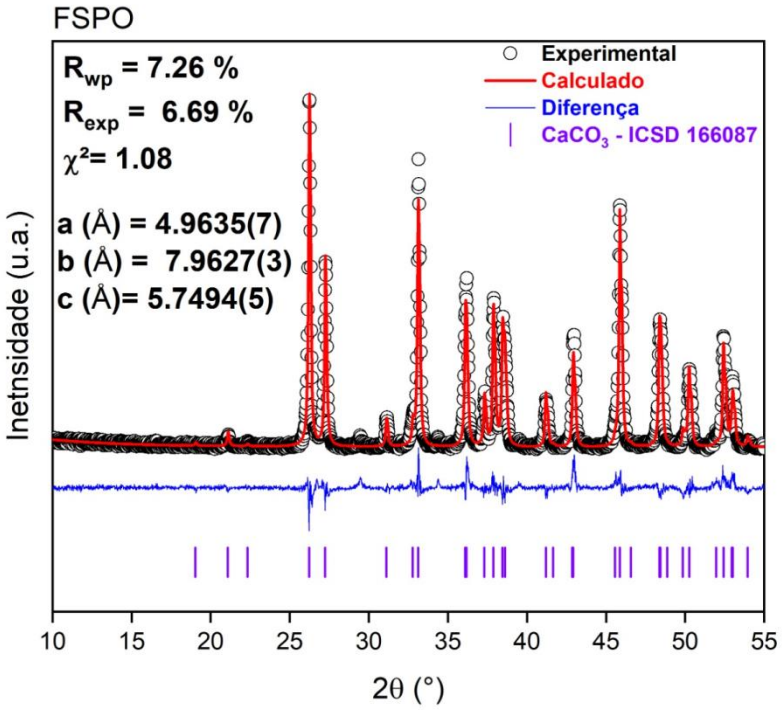


Fonte: A Autora (2023).

Os parâmetros de rede refinados para os diferentes subsistemas, mostrados na Figura 5.34, estão de acordo com o valore em seu respectivo arquivo ICSD. O valor do qui-quadrado ($\chi 2$ = 1,59) indica uma excelente concordância entre dados experimentais e modelos ajustados.

A partir do difratograma pode-se observar que os picos cristalinos de $CaCO_3$ estão em total consonância com o arquivo de informações cristalográficas (CIF) referente a amostra analisada do pó de marisco.Ver na figura 5.35.

Figura 5.35– Difratograma de raios X da amostra do pó de marisco a 0° C.



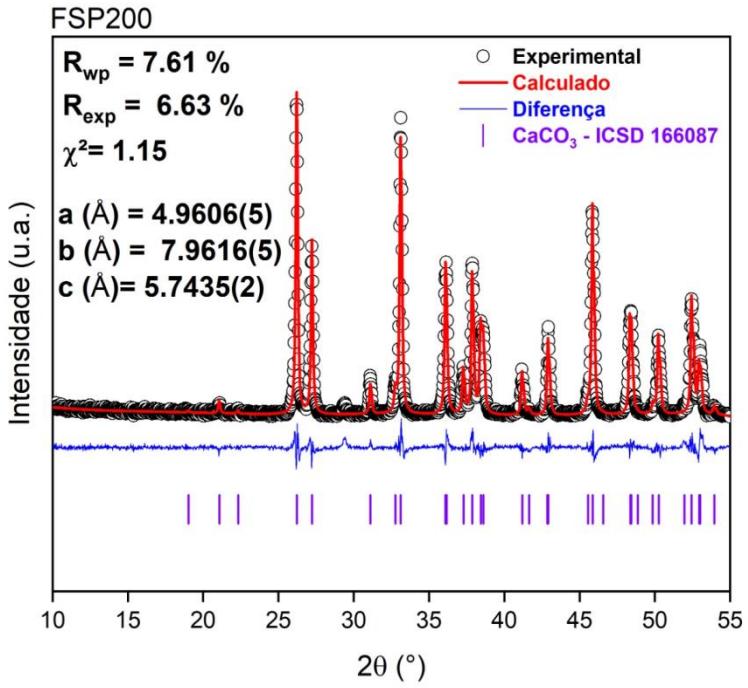
Fonte: A Autora (2023).

Os parâmetros de rede refinados para os diferentes subsistemas, mostrados na Figura 5.35, estão de acordo com o valore em seu respectivo arquivo ICSD. O baixo valore do qui-quadrado ($\chi 2$ = 1,08) indica uma excelente concordância entre dados experimentais e modelos ajustados.

O cálcio apresenta-se como o elemento majoritário, independente do local de coleta das amostras. Este resultado era esperado considerando-se que a estrutura e constituição da concha de marisco é predominantemente carbonato

de cálcio. Assim a amostra do pó de marisco a 200°C reforça a presença de fases cristalinas de CaCO3, podendo ser visto na (figura 5.36). Bessler e Rodrigues (2008) afirmam que a fase cristalina mais comumente encontrada em conchas calcárias de moluscos é a aragonita, por apresentar dureza e densidade maiores que a calcita. Portanto pode-se ser observados picos de difração para duas formas cristalinas do CaCO 3: aragonita e calcita.

Figura 5.36– Difratograma de raios X da amostra do pó de marisco a 200°C.



Fonte: A Autora (2023).

Todos os Picos que aparecem no experimento da Difração de Raios-X, mostrado na figura 5.36, batem precisamente com as barrinhas que são do arquivo ICSD do carbonato de cálcio que tem o número de ICSD 166087 e que os parametros de redes que foram refinados de acordo com essa carta eles são o A, B e C e os indices de concordância que são os Rwp e o experimental qui-quadrado, eles revelam principalmente o qui-quadrado e que ele tem que dar próximo a um (1) e está (x^2 = 1,15) e assim revelam que o refinamento foi bem sucessido , conseguindo fazer um modelo de ajuste que relaciona matemáticamente o DRX Experimental e o Cálculado e obteve um ajuste aceitavél.

Nota-se que a fase cristalina observada por meio da difratometria de raios X, é a Aragonita (CaCO3) que possui a mesma composição química da calcita, entretanto difere na

estrutura cristalina.Segundo Luz e Lins (2008), é muito comum o uso dos carbonatos de cálcio e magnésio na indústria de vidros, onde a dolomita e/ou aragonita ocupam o terceiro lugar como insumo básico na fabricação de vidro, depois da areia de quartzo e da barrilha (Na2CO3).

5.2 Ensaio da massa unitária do pó da concha de marisco, areia e da brita.

Foram realizados vários ensaios com a seguinte abertura de perneira #50, todos os seus resultados das respectivas peneiras estão demostrado na tabela 5.8 , 5.9 , 5.10 e 5.11.

O ensaio de determinação da massa unitária do agregado miúdo normalizado pela NBR 7251/1982 realizado no laboratório de engenharia civil da UNIPÊ onde foi possível analisar três determinações do material miúdo já seco e realizar a média entre eles assim sendo possível efetuar os cálculos de massa unitária que constata que os materiais testados foram aprovados e estão dentro das Normas Brasileiras de Regulamentação.

Tabela 5.8: Valor da massa unitária do pó da concha do marisco # 50

MASSA UNITÁRIA DO PÓ DA CASCA DE MARISCO # 50			
	1	**2**	**3**
$\mathbf{m_{ar}}$	0,2396	0,2398	0.2411
$\mathbf{m_r}$	0,8193	0,8193	0,8193
V	0,000157	0,000157	0,000157
ρagregado	1526,12	1527,39	1535,367
$\mathbf{\rho_m}$	**1529,73 Kg/cm³**		

Fonte: A autora (2023).

Tabela 5.9: Massa unitária do pó do marisco # 50 com temperatura à 500° C

MASSA UNITÁRIA DO PÓ DA CASCA DE MARISCO # 50			
	1	**2**	**3**
$\mathbf{m_{ar}}$	0,27613	0,27671	0,28004
$\mathbf{m_r}$	0,8193	0,8193	0,8193
V	0,000157	0,000157	0,000157
ρagregado	1526,12	1527,39	1535,367

ρ_m	**1708,213 Kg/cm³**

Fonte: A autora (2023).

Tabela 5.10: Valor da massa unitária da areia # 50

MASSA UNITÁRIADA AREIA # 50			
	1	**2**	**3**
m_{ar}	0,2583	0,2621	0,2609
m_r	0,8193	0,8193	0,8193
V	0,000157	0,000157	0,000157
ρagregado	1645,22	1699,43	1661,78
ρm	**1668,81 Kg/cm³**		

Fonte: A autora (2023).

Tabela 5.11: Valor da massa unitária da brita # 50

MASSA UNITÁRIADABRITA # 50			
	1	**2**	**3**
m_{ar}	0,2729	0,2638	0,2622
m_r	0,8193	0,8193	0,8193
V	0,000157	0,000157	0,000157
ρagregado	1645,22	1699,43	1661,78
ρm	**1696,18 Kg/cm³**		

Fonte: A autora (2023).

5.2.1 Ensaio da massa especifica do pó da conha de marisco, areia e brita.

Foram realizados vários ensaios com as seguintes aberturas de perneira #50, asquais têm seus resultados demostrado nas tabelas 5.12, 5.13 e 5.14.

Os ensaios de determinação da massa específica do agregado miúdo por meio do frasco Chapman normalizado foram feitas duas análises nos frascos Chapman tornando visível o valor real da massa unitária do pó da casca de marisco em cada ensaio.

Tabela 5.12 - Valor da massa especifica da areia # 50

MASSA EPECIFICA AREIA # 50			
	1	**2**	**3**
Areia	500	500	500
Leitura Inicial	200	200	200
Leitura Final	390	395	405
δ	2,81	2,57	2,44
$^{\delta}$m	**2,61 g/cm³**		

Fonte: A autora (2023).

Este tipo de ensaio é feito para determinar o valor real do agregado, pois com a utilização de água dentro do frasco de Chapman faz com que os espaços de ar existentes entre as partículas de areia sejam ocupados totalmente.

O ensaio permite que o agregado seja calculado de melhor maneira para a elaboração do volume do traço de concreto. Neste ensaio, observou-se que os materiais obtiveram um módulo de finura diferente, com valores de 2,61 e 2,82, mas em conformidade com a NBR 7211/2005, que define os limites para o módulo de finura entre 2,20 e 2,90.

A massa específica do pó da concha de marisco se apresentou maior do que as da areia, porém, não são valores muito distintos, como mostra a Tabela 5.13.

Tabela 5.13 - Valor da massa especifica do pó da concha de marisco # 50 elevado à500° C

MASSA EPECIFICA DO PÓ DA CASCA DE MARISCO # 50			
	1	**2**	**3**
Peso do Pó	500	500	500
Leitura Inicial	200	200	200
Leitura Final	378	375	379
δ	2,81	2,86	2,79
$^{\delta}$m	**2,82 g/cm³**		

Fonte: A autora (2023).

Como mostra a tabela 5.14, é possível observar os resultados encontrados para a brita assim como no caso dos agregados miúdos, possui

seus valores em acordo com literaturas consultadas.

Tabela 5.14 - Valor da massa especifica da brita # 50

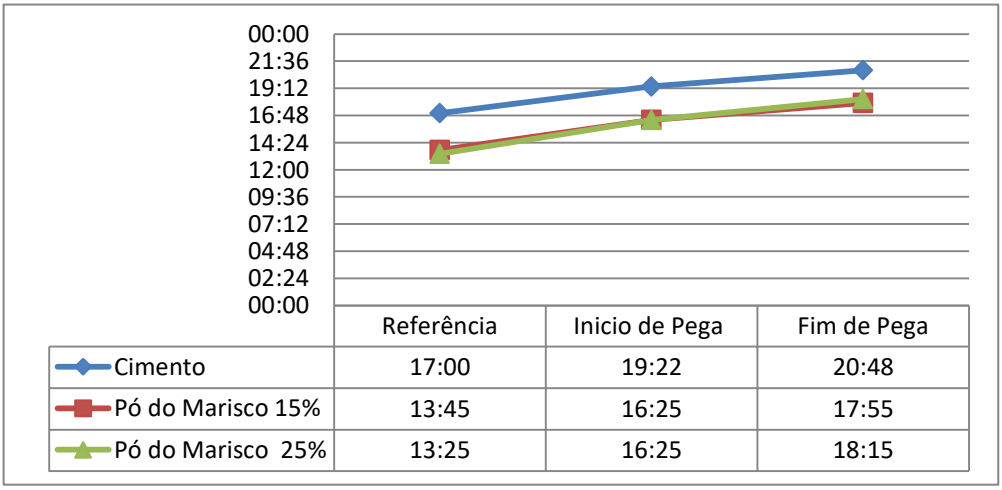
MASSA EPECIFICA BRITA # 50			
	1	**2**	**3**
Brita	500	500	500
Leitura Inicial	200	200	200
Leitura Final	680	683	690
δ	1,04	1,03	1,02
$^{\delta}$m	**1,03 g/cm³**		

Fonte: A autora (2023).

5.3 Ensaio de Tempo de pega

A determinação dos tempos de início e fim de pega sobre a massa de cimento Portland foi executada seguindo as especificações da NBR NM 65:2003. Todos os ensaios de tempo de pega foram realizados no mesmo local do demais ensaios, sendo analisado com as amostra elevadas a 500° C nas porcentagens de 15% e 25 % do pós da concha do marisco como também apenas no cimento. Podendo acompanhar os resultados na Figura 5.37, pois nela constam os valores obtidos.

Figura 5.37 - Tempo de início e fim de pega do pó de marisco elevado à 500° C e do Cimento.



Fonte: A autora (2023).

O tempo de pega está diretamente relacionado com a trabalhabilidade do material e de acordo com as curvas apresentadas na figura 5.37, nas misturas com adição de respectivamente 15% e 25% do pó de casca de marisco houve uma diminuição considerável em relação ao traço tradicional no tempo de início de pega que de acordo com a norma refere-se ao intervalo de tempo transcorrido desde a adição de água ao cimento até o momento em que a agulha de Vicat correspondente penetra na pasta até uma distância de (4 ± 1) mm da placa da base. Concomitantemente houve uma diminuição em relação ao fim de pega da mistura que nesse caso refere-se ao intervalo de tempo quando a agulha estabiliza a aproximadamente 0,5 mm na pasta de cimento ensaiada. De acordo com a classificação comercial dos cimentos em relação ao seu tempo de pega para as amostras ensaiadas, podem-se considerar as dosagens como sendo pertencentes ao grupo dos cimentos de pega rápida onde nesse caso o início de pega ocorre antes de 30 minutos.

5.4 Propriedades Mecânicas

Para realizar o teste de resistência à compressão, foram seguidas as diretrizes de acordo com a NBR 5739 (ABNT, 2007) referente aos corpos de prova confeccionados com seis diferentes tipos de traços, no qual foram rompidos 3 unidades de cada um e calculado a média de cada idade apresentada. Na Tabela 5.15 pode-se acompanhar o comportamento da substituição do pó da concha de marisco com as mesmas porcentagens e idades, faz-se um comparativo de resistência na peneira (# 50) com o traço referencia.

Tabela 5.15 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão do concreto # 50

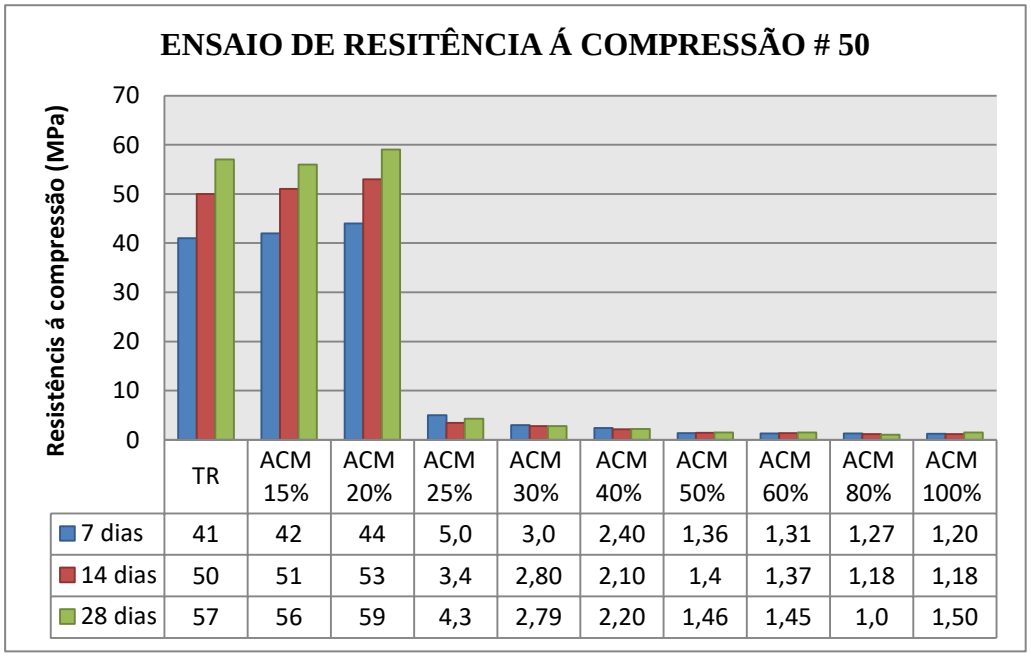
TRAÇOS # 50	**Unidade**	**7 dias**	**14 dias**	**28 dias**
Concreto Referência (Ref)	Kgf/cm²	**418,08**	**509,86**	**581,24**
	Mpa	41	50	57
Concreto 15%	Kgf/cm²	**428,28**	**520,06**	571,04
	Mpa	42	51	56
Concreto 20%	Kgf/cm²	**448,68**	**540,45**	**601,63**

	Mpa	44	53	59
Concreto 25%	Kgf/cm²	**50,99**	**35,69**	**44,88**
	Mpa	5,0	3,4	4,4
Concreto 30%	Kgf/cm²	**12,26**	**16,32**	**14,89**
	Mpa	1,3	1,6	1,46
Concreto 40%	Kgf/cm²	**24,48**	**21,41**	**22,43**
	Mpa	2,4	2,1	2,2
Concreto 60%	Kgf/cm²	**13,87**	**14,28**	**14,89**
	Mpa	1,36	1,40	1,46
Concreto 80%	Kgf/cm²	**13,36**	**13,97**	**14,58**
	Mpa	1,31	1,37	1,43
Concreto 100%	Kgf/cm²	**12,95**	**12,03**	**10,1972**
	Mpa	1,27	1,18	1,0

Fonte: A autora (2023).

Os resultados obtidos na prensa foram fornecidos em toneladas- força (tf) e foram divididos pela área da seção transversal do corpo de prova (cm²) para obter os resultados finais medidos em mega pascal (MPa), podendo ser melhor compreendidos através da (Figura 5.38 e 5.39), que relaciona a resistência à compressão de cada traço de acordo com as suas respectivas idades.

Figura 5.38 - Comparativo da resistência à compressão com pó da concha de marisco elevado a 200° C.



Fonte: A autora (2023).

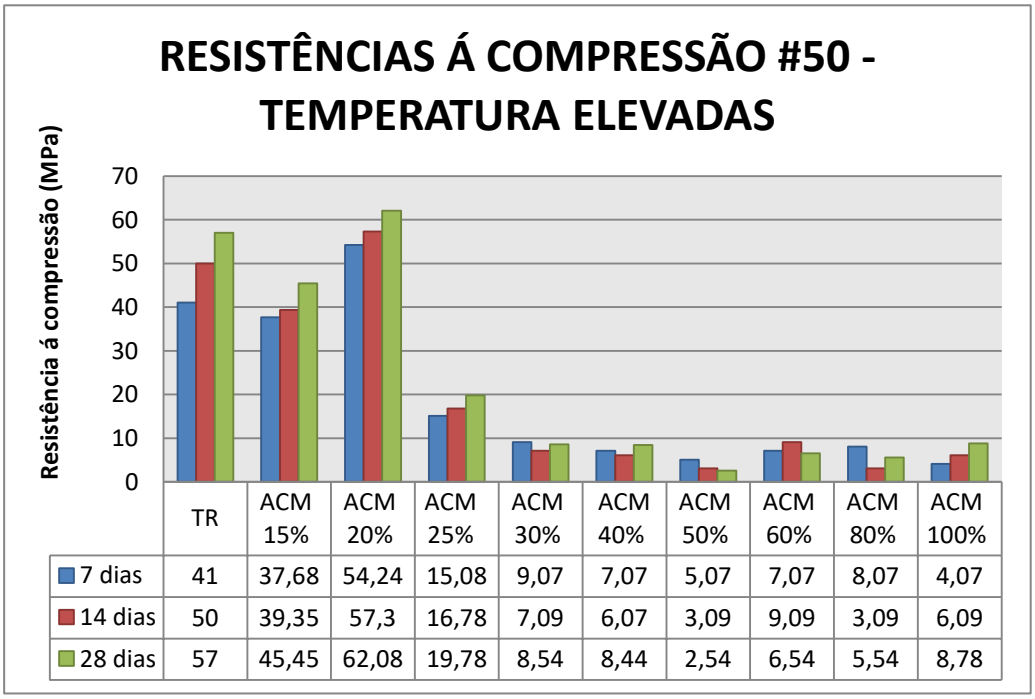
De acordo com os resultados acima encontrados, observa-se que os maiores níveis de resistência foram os apresentados pela mistura com 20% do pó da concha de marisco; os valores ficaram ligeiramente superiores ao da mistura referência TR. Uma possível explicação para esse resultado é o efeito da hidratação avançada dos compostos cimentícios presentes no agregado com concha de marisco (ACM). Como foi adicionado um teor maior de água para essa mistura, possivelmente houve um complemento de hidratação para esse ACM, visto que no ensaio de absorção esse agregado apresentou os maiores percentuais de absorção. Para as demais misturas com o pó da concha de marisco os níveis de resistência mantiveram-se menores, e muito distantes do traço de referência. Isso mostra a viabilidade da utilização de agregado com a concha de marisco em diferentes teores de substituição em relação ao agregado natural.

Como o ACM foi obtido através da britagem dos corpos de prova provenientes do laboratório da UNIPÊ, têm-se amostras com várias idades e resistências, podendo isso afetar o resultado final. Porém como o objetivo da pesquisa foi verificar a viabilidade da utilização de ACM, os resultados mostraram-se satisfatórios, visto que foi mantido o abatimento do tronco de cone 10 ± 2 mm como referência de trabalhabilidade para todas as misturas. Assim, procurou-se simular as condições reais de dosagem em um canteiro de obras. Porém nas demais proporções as resistências diminuíram significativamente. Sendo assim, pode-se afirmar que o concreto com substituição do pó da casca de marisco obteve bons parâmetros e garante a resistência solicitada para aplicação do concreto estrutural, apenas na proporção de 20% na #50.

Analisando-se individualmente os traços, verifica-se que para os 7 dias o traço TR apresentou uma resistência de 41 MPa, enquanto que o traço com pó da casca de marisco apresentou 44 MPa para a mesma idade. Observa-se o desempenho frente a esta variável muito semelhante. Já para a idade de 14, as mesmas apresentam resistências de 50 Mpa e 53 MPa, respectivamente. Já para a proporção de 15% na #50 os valores foram mais baixo do que os valores obtidos com 20%, em 7 dias com 15% deu 29,08 Mpa, com 14 dias foi para 34,01 Mpa.

Para a idade de 28 dias o traço com 15% deu apenas 39,06 Mpa e já o com 20% apresentou 59 MPa para a mesma idade. Nota-se que para essa idade o aumento da resistência relativa foi um pouco maior na produção do concreto com substituição de 20% ou seja, dessa forma, foi possível compreender ou visualizar como ocorre o ganho de resistência ao passar do tempo. Observando o comportamento das demais substituições dos concretos de pó da concha de marisco pelo agregado miúdo nas outras porcentagens em relação ao concreto referencial, verifica-se que o concreto com a substituição com as seguintes porcentagens de 30%, 40%,60%,80% e 100% não teve bons resultados, ou seja, teve sua resistência bem inferior ao concreto padrão. Após essa idade os compostos continuam em processo de hidratação, promovendo a evolução da resistência com menor intensidade. E foi dado acompanhamento ao comportamento da substituição do pó da concha de marisco com as mesmas porcentagens e idades, fazendo um comparativo de resistência na peneira (# 50) com o traço referencia e com traço do pó da concha de mrisco elevado a temperaturas de 500° C, podendo ser visto na a Figura 39.

Figura 5.39 - Comparativo da resistência à compressão com ACM a 500° C.



	TR	ACM 15%	ACM 20%	ACM 25%	ACM 30%	ACM 40%	ACM 50%	ACM 60%	ACM 80%	ACM 100%
7 dias	41	37,68	54,24	15,08	9,07	7,07	5,07	7,07	8,07	4,07
14 dias	50	39,35	57,3	16,78	7,09	6,07	3,09	9,09	3,09	6,09
28 dias	57	45,45	62,08	19,78	8,54	8,44	2,54	6,54	5,54	8,78

Fonte: A autora (2023).

Assim perante aos resultados acima encontrados na resistência á compreensão realizado no concreto com pó da concha de marisco elevados a

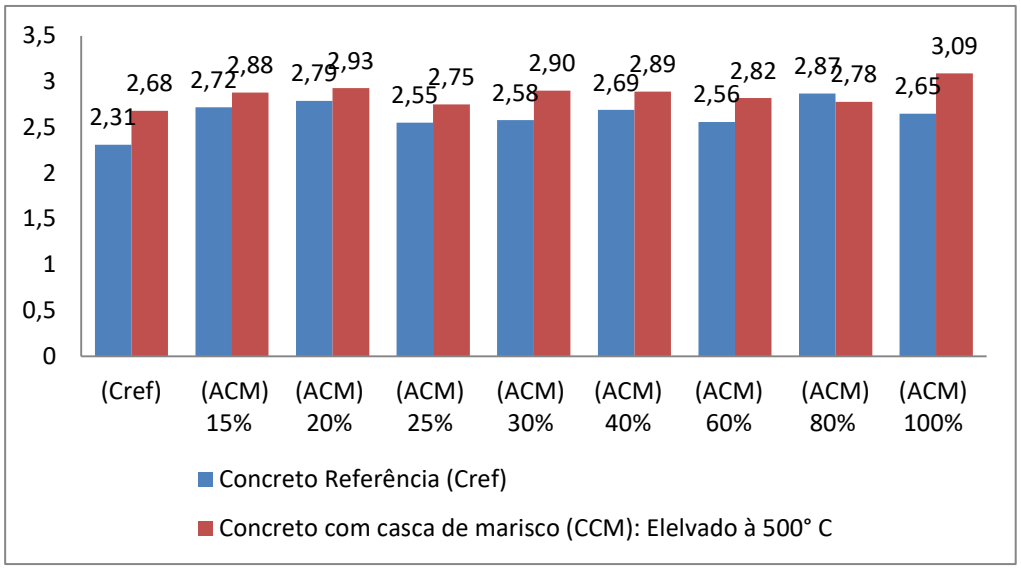
temperaturas de 500° C verifica-se que para os 7 dias o traço com pó da casca apresentou bons parâmetros já nas proporções de 15% com um valor de 37,68 MPa. Enquanto que na porcentagem de 20% foi para 54,24 Mpa. Já para a idade de 14, as mesmas apresentam resistências de 39,35% Mpa e 57,3 MPa, respectivamente. Porém para os 28 dias o traço com 15% deu apenas 45,45 Mpa e já o com 20% apresentou 62,08 MPa para a mesma idade. Sendo assim já observou mais umas vez que o concreto com a substituição com as seguintes porcentagens de 25%, 30%, 40%,60%,80% e 100% não teveram bons resultados novamente. Sendo assim constatou-se que apenas nas proporções de 15% e 20% foi possível obter uma boa resistência comparada ao TR. Uma provável explicação para este fato é que após a hidratação o cimento apresenta um maior crescimento de resistência até os 28 dias, idade esta considerada para a resistência característica do concreto na elaboração de projetos.

5.5 Absorção de água

De acordo com a Figura 5.40 foi realizado o ensaio de absorção de água nos três tipos de concretos diferentes, no qual todos eles foram submetidos a um tanque de água pelo período de 24h, tiveram suas massas pesadas e depois ficaram expostos ao sol, ao ar livre e a temperatura de 500°c até que estivessem completamente secos e assim ilustrar os valores obtidos da média do procedimento realizado com 3 CP’s referente à cada traço.

A partir dos valores obtidos, é possível observar que não houve muita diferença em relação ao resultado do concreto de referência e do concreto com pó da casca de marisco elevado à 500° C, já que os dois mantiveram resultados parecidos nas duas etapas, com o concreto de com o pó da casca de marisco da peneira # 50 foi que apresentou diferenças nas massas saturadas e secas, mas ainda assim, a absorção de água de uma forma geral, apresentou um valor baixo, devido ao uso de aditivo, comprovando assim, que os concretos apresentaram poucos poros e vazios na suaestrutura. A menor taxa de absorção de água foi encontrada nas amostras em que não houve substituição do agregado pelo ACM, e a maior foi encontrada nos corpos de prova com 100% de substituição, chegando a mais de 16% de taxa de absorção.

Figura 5.40 - Resultados do ensaio de absorção de água TR e ACM elevado à 500° C



Fonte: A autora (2023).

5.6 Carbonatação

Através do ensaio de carbonatação que foi realizado com a solução à base de fenolftaleína, no concreto convencional e os produzidos com o pó da concha de marisco na peneira # 50 elevado a 200° C e a 500° C; respectivamente como demonstrado na (Figura 5.41 e 5.42), os quais não reagiram e não demonstraram nenhuma grande alteração no seu aspecto físico e químico. O que comprova que Concreto garante sua integridade física e principalmente química, ou seja, que acarreta uma maior estabilidade à sua estrutura.

Figura 5.41 - Reação do concreto depois da solução de fenolftaleína do concreto convencional e com PCM á 200° C

Fonte: A autora (2023).

Figura 5.42: Reação do concreto depois da solução de fenolftaleína com PCM á 500° C

Fonte: A autora (2023).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após analisar os resultados dos ensaios, verificou-se que concreto produzido com o pó da casca de marisco na peneira (#50) possui propriedades mecânicas bem maiores em relação ao concreto convencional.

Mediante os resultados foi possível observar que na peneira 50 conseguiram-se maiores fatores de empacotamento, mesmo sabendo que por ela possuir partículas mais finas e com isto tender a requerer mais água, o que consequentemente diminuiria as propriedades mecânicas do concreto, é importante ressaltar que nas porcentagens de 15% e 20% elevado a temperatura de 200° C e 500° C é viável dentro do meu concreto, visto que nessas porcentagens do pó da concha de marisco foi detectado valores de resistência mecânica superior ao do concreto convencional, devido ao uso de aditivo e principalmente pelo fato de que a peneira 50 encapsula melhor os vazios e por isso suas resistências mecânicas são maiores. Contudo passando desta porcentagem, no intervalo de 25% até 100% apresentou-se possivel, a aplicação em blocos para fins estruturais e de vedação já que os resultando possui em média uma resistência de 3,56 Mpa, superior aos 3,0 MPa requeridos por norma.

Constatou-se valores de massa unitária entre 1,53 a 1,69 kg/dm³ para as areias ,o pó da concha de marisco elevado a 200° C e 500° C estando com valores de acordo com o recomendado.

A análise granulométrica por difração a laser obteve um módulo de finura da areia e do pó de marisco nas ordens de 1,78 e 1,97 respectivamente estes resultados encontrados estão dentro dos limites utilizáveis definidos pela NBR 7211:2022 que se refere aos requisitos para a produção de concretos de cimento Portland.Assim devido a diferença entre as curvas granulometrica da areia e do pó da concha de marisco contribui para o aumento da resistencia do concreto realizado.

O óxido de cálcio (CaO) foi o componente presente em maior quantidade no pó das conchas do marisco, através da análise de FRX, representando 97,511 % em sua composição, tendo a calcita como sua principal estrutura cristalina, de acordo com o DRX.. No que se refere à análise

mineralógica, a técnica de DRX, por exemplo, possibilita identificar as fases cristalinas do material. Materiais com fases cristalinas são adequados para a utilização como agregados, visto que são mais inertes,assim como a areia e pó da concha de marisco até 200° C ao contrário de materiais com fases predominantemente amorfas, que podem, então, apresentar características de pozolanicidade, sendo úteis como substitutos do cimento como foi identificado na amostra da concha de marisco elevado a 500° C; o que justifica a queda brusca da resistencia a compressão com a utilização da porcentagem de 25% da substituição parcial do pó da conhca de marisco pelo agregado miudo.

Em relação ao inicio e fim de pega, este estudo detectou que houve diminuição considerável em relação ao traço tradicional, podendo ser considerado como pertencentes ao grupo dos cimentos de pega rápida onde nesse caso o início de pega ocorre antes de 30 minutos.

Outro parâmetro interessante para a durabilidade é o da absorção de água por imersão, como estruturas de concreto estão em maior ou menor grau sujeitas a agentes agressivos, porem se um concreto é menos poroso esses agentes agressivos como os gases sulfurosos, água do mar ou até mesmo o gás carbônico, demoram mais tempopara prejudicar a peça.

Os resultados permitem afirmar que é possível ter benefício e inclusão social na medida de que os pescadores transformam resíduos da maricultura em geração deemprego e renda. E benefícios ambientais, quando se deixa de gerar resíduos que serão acumulados junto aos RSUs, transformando-os em matéria-prima para novos produtos. Além disso, a concha de do marisco já é um resíduo gerado e, se for utilizado, acarretará na diminuição da extração de areia, uma atividade com inúmeros impactos ambientais negativos.

6.1 Sugestões para trabalhos futuros

Este trabalho não teve a pretensão de esgotar o assunto, pois além de ser um assunto extenso, não é sua proposta de contribuição. Na sequência, acredita-se que estudos futuros como:

- Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) ;
- Avaliar a utilização das conchas como agregado graúdo na produção de bloco vazado simples de concreto;

- Análise termogravimétrica (TG),
- Produção de concreto leve e auto adensável;
- Uso em Bloco Intertravados;
- Estudo do fator de empacotamento;
- Utilização na produção de rejuntes;
- Análise Comparativa Com Foco no Custo/Beneficio Entre o Concreto Convencional e o com Casca de Marisco, devem ser estudados.

A partir disso, pode-se programar uma aplicação baseada na modelagem desenvolvida neste trabalho.

7 REFERÊNCIAS

_____. **NBR**. **NM 46**: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume devazios.Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR**. **NM 67**: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento dotronco de cone.Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR**. **248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio deJaneiro, 2001.

_____. **NBR**.**5732**:. Cimento Portland Comum. Rio de Janeiro, 1991.

_____. **NBR**.**5733**: Cimento Portland de alta resistência inicial. Rio de Janeiro, 1991.

_____. **NBR**.**5738**: Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos deprova. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR**.**5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.Rio de Janeiro, 1994.

_____. **NBR**. **7211**: Agregados para concreto - Especificação.Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR**. **7217**: Agregados - Determinação da composição granulométricaRio deJaneiro, 1987.

_____. **NBR**. **7222**: Argamassa e concreto - Determinação da resistência à tração porcompressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos, 1994.

_____. **NBR**. **7251**: Agregado no estado solto determinação da massa unitária, 1982.

_____. **NBR**. **9778**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção deágua por imersão - Índice de vazios e massa específica, 2005.

_____. **NBR 10004:** classifica os resíduos quanto a seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para orientar o manuseio e a destinação adequada dos resíduos. Rio de Janeiro,2004

_____. **NBR**.**13818**: Placas Cerâmicas para revestimento – Especificação e métodos de ensaios . Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR**.**12821**: Preparação de concreto em laboratório - Procedimentos . Rio de Janeiro, 2009.

ALVES, J.D. Materiais de construção. 2° ed. Goiânia: Editora Universidade Federal de Goiás, 1987.

Amaral, A.C.Z., Lana, P.C., Fernades, F.C. & Coimbra, J.C. 2003. Biodiversidade bêntica da região sul-sudeste da costa brasileira. REVIZEE Score Sul – Bentos. São Paulo.

AMARAL, Vanessa Simão do; SIMONE, Luiz Ricardo L.. Revision of genus Crassostrea (Bivalvia: Ostreidae) of Brazil. Journal Of The Marine Biological Association Of The United Kingdom, [s.l.], v. 94, n. 4, p.811-836, 19 fev. 2014. Cambridge University Press (CUP). http://dx.doi.org/10.1017/s0025315414000058.

ANDRADE, Tibério. Tópicos sobre Durabilidade do Concreto. In: ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.). Concreto: ensino, pesquisa e realizações. São Paulo, 1992.

ARAÚJO, V, M.; Práticas recomendadas para a gestão mais sustentável de canteiro de obras. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2009.

ASAOKA, S.; YAMAMOTO, T.; KONDO, S.; HAYAKAWA, S. Removal of hydrogen sulfide using crushed oyster shell from pore water to remediate organically enriched coastal marine sediments. Bioresource Technology, v. 100, p. 4127-4132, 2009.

BAUER, L. A Falcão. Materiais de Construção. Rio de Janeiro: LTC, 1985.

BAUER, L. A Falcão. Materiais de Construção. Vol. 2. 5° ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

BESSLER, K. E.; RODRIGUES. Os polimorfos de carbonato de cálcio – uma síntese fácil de aragonita. Química Nova, v.31, n. 1, p. 178-180, 2008.

BEZERRA, C. G. Caracterização do rejeito de minério de ferro (IOT) e avaliação da sua influência no comportamento físico-químico e mecânico de pastas de cimento. 2017. 158 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em EngenhariaCivil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

BOICKO, A.L.; HOTZA, D.; SANT'ANNA, F.S.P. Utilização das conchas da ostra Crassostrea gigas como carga para produtos de policloreto de vinila (pvc). Disponível em: Acesso em 20 ago. 2022.

CALLISTER JUNIOR, William D.; RETHWISCH, David G. Ciência e engenharia de materiais: uma introdução. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. 817 p.

DORFMAN, GABRIEL. Historia do cimento e do concreto. Brasilia: Editora Universidade de Brasilia, 20073.

GIAMUSSO,S.E. Manual do Concreto. São Paulo. 2ª Ed. Pini, 1992.

GOMES, M. A.; PEREIRA, C. Al; PERES, A. E. C. Caracterização tecnológica de rejeito de minério de ferro. Rem: Rev. Esc. Minas [online]. vol. 64. n.2. 233-236 p. 2015.

GUIMARÃES, A. T. C. Propriedades do concreto fresco. In: ISAÍA, G.C. (Ed.). Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. São Paulo: IBRACON, 2002. 2v. 1600p.

1992. GIAMMUSSO, S. E. **Manual do Concreto**. Ed.:PINI. ISBN.: 85-7266-006-2.
Português, p. 161.

GREMI DE RECUPERACIÓ DE CATALUNYA (ED.). MEJILLONES: de la mesa a laplanta de reciclado. Recupera, Barcelona, n. 42, p.237, 01 dez. 2007.

HELENE et al. Materiais de Construção II – Tecnologia da Argamassa e do Concreto: Método IPT de Dosagem. Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, [2010].

HOFFMANN, Jussara. *Avaliar para promover: as setas do caminho.* Porto Alegre:Mediação, 2001.
IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Recursos Pesqueiros**. Disponível em.<http://www.ibama.gov.br/institucional/recursos- pesqueiro> Acesso em 5 Julho.2022.

JOHN, Vanderley Moacyr. Reciclagem de resíduos na construção civil. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia de Construção Civil – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

KAEFER, L.F. Considerações sobre a microestrutura do concreto. Notas de aula Escola politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

KWON, H.; LEE, C. W.; JUN, B. S.; YUN, J. WEON, S. Y; KOOPMAN, B. Recycling
waste oyster shells for eutrophication control. Resources, Conservation and Recycling, Masan, Coréia do Sul, n. 41, p.75-82, 20 ago. 2003. Disponível em: < http://projetoconchas.ufsc.br/upload/arquivos/1197924433.PDF>. Acesso em: 20. Ago. 2018.

LÉCUYER, C.; HUTZLER, A.; AMIOT, V. D.; GROSHENY, D.; OTERO, O.; MARTINEAU, F.; FOUREL, F.; BALTER, V.; REYNARD, B. Carbon and oxygen isotope fractionations between aragonite and calcite of shells from modern mollusks. Chemical Geology. v. 332–333, p. 92-101, 2012.

LIMA, Jofre Silva. Análise da influência do capeamento e da geometria de corpos- deprova na resistência à compressão de argamassas. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso.

LOPES, Ivã Guidini; VIDOTTI, Rose Meire; MARTINS, Antonio Lucio Mello. Compostagem orgânica: método eficiente para a gestão de resíduos de animais da aquicultura. Pesquisa & Tecnologia, v. 14, p. 1-6, 2017.

MEHTA, P. K., MONTEIRO, P. J. M. Concreto - Estrutura, Propriedades e Materiais.Ed. PINI, 1 a edição. São Paulo, 1994.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. Concreto: Microestrutura, Propriedades e materiais. Ibracon, 3ed, São Paulo: 2014

MENOSSI, RÔMULO T. (2004). Utilização do pó de pedra basáltica em substituição à areia natural do concreto. Ilha Solteira, 97p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.

NASCIMENTO FILHO, VirgÍlio F.. TÉCNICAS ANALÍTICAS NUCLEARES DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X POR DISPERSÃO DE ENERGIA (ED-

XRF) E POR REFLEXÃO TOTAL (TXRF). 1999. Disponível em: <http://www.fem.unicamp.br/~giorgia/fluorescencia.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2021.

NUNES FREIRE, M. Uso de Matérias-Primas Argilosas do Estado do Rio de Janeiroem Massas Cerâmicas para Porcelanato: Formulação, Propriedades Físicas e Microestrutura.

OLIVEIRA, S. S. et, al. (2006). Potenciais impactos ambientais da aquicultura: carcinicultura de cativeiro. **AIDIS: Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Sección Uruguay**. Rescatando antiguos principios para los nuevos desafíos del milenio, p. 1- 7.

PEDROZA, M. M., VIEIRA, G. E. G., SOUSA, J. F., BEZERRA, M. B. D.
Characterization of the products from the pyrolysis of sewage sludge in 1 kg/h rotating cylinder reactor. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 11, p.147-157, dez. 2014.

PEREIRA, Orlando Martins; HENRIQUES, Marcelo Barbosa; MACHADO, Ingrid Cabral. Estimativa da curva de crescimento da ostra Crassostrea brasiliana em bosques de mangue e proposta para sua extração ordenada no estuário de Cananéia-SP, Brasil. Boletim do Instituto da Pesca, São Paulo, v. 29, n. 1, p.19-28, out. 2003.

PETRIELLI, F. A. S. **Viabilidade Técnica e econômica da utilização comercial de conchas de ostras descartadas na localidade do ribeirão da ilha, Florianópolis, Santa Catarina.** Dissertação do Mestrado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2008.

PETRUCCI, E. G. R. Materiais de Construção. 8ª ed. Rio de Janeiro: Globo, 1987. 435 p.

PETRUCCI, Eládio G. **Concreto de Cimento Portland.** São Paulo: Associação

Brasileira deCimento Portland, 1968.

PIOVEZAN JÚNIOR, G. T. A. – Avaliação dos Resíduos da Construção Civil (RCC) Gerados no Município de Santa Maria – Dissertação de Mestrado – UniversidadeFederal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

Researchgate.net: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Diagrama-esquematico-Tipico-da-Fluorescencia-de-Raios-X-por-Dispersao-em_fig1_269948425. Acessadoem: 01 out. 2022.

RIMAR, Karina Karla Pacheco Porpino. AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DA CONCHA DO MARISCO Anomalocardia brasiliana EM ADSORVER FERRO EM AMOSTRAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. 2013. 97 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pósgraduação em Química, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa - PB, 2013. Disponível em: <http://tede.biblioteca.ufpb.br:8080/bitstream/tede/7115/1/arquivototal.pdf>. Acessoem: 08 out. 2022.

RUIZ, Gaby et al. Laboratory evaluation of seashells used as fine aggregate in hot mix asphalt. International Journal Of Pavement Engineering, [s.l.], p.1-9, 26 jul. 2018. Informa UK Limited. http://dx.doi.org/10.1080/10298436.2018.1502435.

RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. Myriapoda.In:_. Zoologia dos invertebrados – Uma abordagem funcional-evolutiva. 4ªed. São Paulo: Editora Roca Ltda, 2005. Cap. 20, p. 819-84

SANT'ANNA, F. S. P. (coord.). **Projeto Valorização dos resíduos da Maricultura. Soluções tecnológicas para aproveitamento de conchas de ostras. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina,** 2007. Disponível em: <http://www.projetoconchas.ufsc.br/pub/index.pub.php?s =relatorios> Acesso em: 20 Julho. 2022.São Paulo: Pini, 1998.

SANTOS, C. M. F. dos. Quantificação de fases argilominerais em matérias-primas cerâmicas pelo método de Rietveld. 2013. 152 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SCHIRRMEISTER, Eduardo. **O que são conchas,** 2001. Disponível em:<http://www.conchasbrasil.org.br/materias/oquesaoconchas.asp - Acesso em 10 Abril. 2022.

SILVA, J. D. J. Avaliação da potencialidade de incorporação de lodo de uma indústria de produtos de limpeza como adição mineral em concretos de cimento Portland. Natal, RN, 2015.

SILVA, D.; DEBACHER, N. A. 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, n. 5, p. 1053-1058, 2010.

Sindicato nacional da indústria do cimento (SNIC). 2012. **Relatório anual**, 2012

Sindicato nacional da indústria do cimento (SNIC). 2018. **Relatório anual**, 2018.

SOARES, B. D. Estudo da produção de dióxido de cálcio por calcinação do calcário: caracterização dos sólidos, decomposição térmica e otimização paramétrica. Dissertação de Mestrado. Uberlândia, MG: UFU, 2007. 383p.

SPENCER FILHO, Herbert Rieffel et al. Subprodutos do Pescado: Uma Alternativa de Renda para o Pescador. Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 3, n. 3, 2011.

VISCONTI, Alexandre et al. Resíduos Marinhos - fonte de matéria orgânica com potencial para a inibição de fitopatógenos de solo. Revista Agropecuária Catarinense, Florianópolis, v. 24, n. 1, p.41-43, mar. /jun. 2014.

WEIDMANN, D. F. Contribuição ao estudo da influência da forma e da

composição granulométrica de agregados miúdos de britagem nas propriedades do concreto decimento Portland. 2008. 273 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

YANG, C.; CUI, C.; QIN, J.; CUI, X. Characteristics of the fired bricks with low-silicon iron tailings. Construction and Building Materials, v. 70, p. 36-42, 2014.

YOON G. L., KIM, B. T., KIM, B. O., HAN, S. H., Chemical – **Mechanical Characteristics of Crushed Oyster-Shell.**Waste Management, 23, 2002

YAZIGI, Walid. A técnica de edificar. 10. ed. rev. atual. São Paulo: ed. PINI, 2009.