



# UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DA MARICULTURA DO LITORAL PERNAMBUCANO EM COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS ARGAMASSAS E CONCRETOS

Ronaldo Faustino da Silva  
João Manoel de Freitas Mota  
Yuri Barros Lima de Moraes  
André Miranda dos Santos



## **UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DA MARICULTURA DO LITORAL PERNAMBUCANO EM COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS ARGAMASSAS E CONCRETOS**

Ronaldo Faustino da Silva  
João Manoel de Freitas Mota  
Yuri Barros Lima de Moraes  
André Miranda dos Santos

*Copyright © 2020 by Ronaldo Faustino da Silva  
João Manoel de Freitas Mota  
Yuri Barros Lima de Moraes  
André Miranda dos Santos*

---

Todos os direitos reservados. Vedada a produção, distribuição, comercialização ou cessão sem autorização do autor. Os direitos desta obra não foram cedidos.

Impresso no Brasil  
Printed in Brazil

**Diagramação**  
Laysa Souza

**Revisão**  
Do Autor

**Capa**  
Claudio Bastos

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Ficha Catalográfica

U89 Utilização do resíduo da maricultura do litoral pernambucano em compósitos cimentícios argamassas e concretos. / Ronaldo Faustino da Silva ... [et al.]. – Olinda: Livro Rápido, 2020.

136 p.: il.

Contém bibliografia ao final de cada capítulo  
ISBN 978-65-86728-94-1

1. Construção civil. 2. Habitação social. 3. Reaproveitamento da maricultura. 4. Meio ambiente. 5 Reaproveitamento conchas e mariscos – Construção Civil. I. Silva, Ronaldo Faustino da. II. Título

69:577.4 CDU (1999)

Fabiana Belo - CRB-4/1463

**Livro Rápido Editora**  
Coordenadora editorial: Maria Oliveira

Rua Dr. João Tavares de Moura, 57/99 Peixinhos  
Olinda – PE CEP: 53230-290  
Fone: (81) 4100.0410 / (81) 4100.0411  
[www.livrорapidо.com.br](http://www.livrорapidо.com.br)

**Agradecimentos:**

incondicional a Deus; em especial ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Pernambuco; a todos os alunos e demais colaboradores que contribuíram para realização desta obra (representados por: Engenheiro João Rafael Albuquerque Dias; Engenheiras Ana Izabella Melo da Silva, Maria Juliana de Almeida Melo Rêgo, Anathyr Nazária Rodrigues; Elizabeth dos Santos; Allison Rodrigo Pessoa da Silva).



*“O verdadeiro valor de homem  
não pode ser encontrado nele mesmo, mas nas cores e  
texturas que faz surgir nos outros”*

*(Albert Schweitzer).*



## **APRESENTAÇÃO**

Os autores desta obra, Prof. Dr. Ronaldo Faustino da Silva; Prof. Dr. João Manoel de Freitas Mota; Prof. MSc. Yuri Barros Lima de Moraes; MSc. André Miranda dos Santos, vêm apresentar resultados de parte da coletânea de algumas publicações de artigos científicos desenvolvidos no laboratório de EcoSoluções do Departamento de Infraestrutura e Construção Civil – DAIC, Campus Recife - IFPE.

Os professores, laboratoristas e alunos que trabalharam nesse projeto de pesquisa, objetivaram contribuir com uma produção científica básica para o reaproveitamento da casca da ostra e do marisco, depositados na Região Litorânea de Pernambuco.

Portanto, este estudo indica que é possível mitigar o impacto ambiental, concomitantemente com o benefício social, devido à geração de compósitos cimentícios como argamassas e concretos não estruturais, com um menor custo, para habitações da própria comunidade pesqueira, e, demais edificações em geral.

Nessa premissa, esta obra é composta por dois vetores, *i.e.*:

- (1) Considerações iniciais do estado da arte; (2) Artigos científicos publicados “*com textos adaptados*”.

# **Sumário**

|  |     |
|--|-----|
| APRESENTAÇÃO.....  | 7   |
| CAPÍTULO 1<br>CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....   | 11  |
| CAPÍTULO 2<br>REAPROVEITAMENTO DA CONCHA DE MARISCO COMO<br>AGREGADO GRAÚDO NA PRODUÇÃO DE CONCRETO<br>NÃO ESTRUTURAL.....                       | 27  |
| CAPÍTULO 3<br>PROJETO DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL<br>SUSTENTÁVEL PARA COMUNIDADES PESQUEIRAS;<br>RESÍDUOS DA MARICULTURA NA CONSTRUÇÃO..... | 53  |
| CAPÍTULO 4<br>APLICAÇÃO DO RESÍDUO DA MARICULTURA COMO<br>AGREGADO NA PRODUÇÃO DE CONCRETO NÃO<br>ESTRUTURAL .....                               | 72  |
| CAPÍTULO 5<br>REAPROVEITAMENTO DA CONCHA DE MARISCO COMO<br>AGREGADOS EM ARGAMASSAS E CONCRETOS NÃO<br>ESTRUTURAIS .....                         | 102 |
| CAPÍTULO 6<br>USO DA CONCHA DE MARISCO COMO AGREGADO<br>MIÚDO NA PRODUÇÃO DE TIJOLO MACIÇO PRENSADO<br>MANUALMENTE .....                         | 116 |



# **CAPÍTULO 1**

## **CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

A partir da necessidade acadêmica de desenvolvimento e implementação de atividades de pesquisa e extensão surgiu o grupo de pesquisa EcoSoluções, com o objetivo de propiciar a construção do conhecimento técnico, de pesquisa e extensão, no âmbito dos cursos técnicos e de graduação, ligados ao Departamento de Infraestrutura e Construção Civil (do Instituto Federal de Pernambuco – IFPE). Desta iniciativa, surgiu o primeiro “case”, a partir da necessidade de minimizar os impactos ambientais negativos causados pelas atividades da maricultura no litoral de Pernambuco, de considerável expressão no nordeste brasileiro.

A história do mundo mostra que a construção civil sempre existiu para atender as necessidades básicas e imediatas do homem sem preocupação com a técnica aprimorada em um primeiro momento. O homem pode ser qualificado diferencialmente dos demais seres vivos por inúmeras características, entre elas se inclui o dinamismo de produzir e transformar continuamente suas técnicas, através de aperfeiçoamento e estudo contínuo dos resultados. A constituição das cidades exigiu qualificação e técnicas mais apropriadas e vantajosas para se construir edifícios cada vez mais sustentáveis, por conseguinte, surgem as edificações concebidas com responsabilidade social (CORRÊA, 2009).

A busca pela sustentabilidade ambiental tem impulsionado pesquisas nas mais diversas áreas do conhecimento. Isso se deve ao fato dos problemas ambientais terem se agravado rapidamente e de uma forma que suas consequências têm sido percebidas por todos e impactado negativamente lugares nunca antes imaginados pelo homem.

Entretanto, embora a sustentabilidade seja um dos assuntos mais comentado na atualidade, pouco domínio se tem acerca desse conhecimento. O tema é frequentemente relacionado às questões ambientais, sobretudo no que diz respeito à preservação dos recursos naturais como maneira de manter um equilíbrio apropriado no sentido puramente ecológico. Na realidade, o significado de sustentabilidade é muito mais amplo, e a questão ambiental é apenas um de seus alicerces (COELHO; ARAUJO, 2011).

A união de várias áreas do conhecimento na busca por soluções que sejam viáveis economicamente, socialmente e ambientalmente, ocorre graças à interdisciplinaridade que qualquer solução pensada deve agregar. Para Fazenda (1994) a interdisciplinaridade é uma relação de reciprocidade, de mutualidade, que pressupõe uma atitude diferente a ser assumida frente ao problema de conhecimento, *i.e.:* a substituição de uma concepção fragmentária para uma unitária (HAAS, 2011).

Portanto, a interdisciplinaridade é considerada uma atitude cujo requisito prévio é a humildade, traduzida em reconhecimento da fragilidade da dimensão individual na busca de soluções e na produção de conhecimento quando, consequentemente, o diálogo fica facilitado, considerando a disposição para tal. A interdisciplinaridade provoca dúvida, busca e a disponibilidade para a crença no homem. É, enfim, uma atitude de abertura frente ao problema do conhecimento

(HAAS, 2011).

Tudo isso, resume-se à busca por um modelo desenvolvimentista que seja sustentável a longo prazo. Nesse caso, a sustentabilidade pode ser definida como um conceito relacionado à continuidade dos aspectos econômicos, políticos, sociais, culturais e ambientais da sociedade humana. Deste modo, para que um empreendimento humano seja sustentável, deve se basear nesses cinco alicerces: ser economicamente viável, politicamente adequado, socialmente justo, culturalmente aceito e ecologicamente correto (COELHO; ARAUJO, 2011).

Para a Organização das Nações Unidas, a qual se posicionou formalmente em 1987, no Relatório “Nosso Futuro Comum” elaborado pela Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento, o desenvolvimento sustentável: [...] é um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades e aspirações humanas (ONU, 1991).

É nesse cenário que a construção civil se mostra uma das atividades produtivas com maior impacto sobre os demais setores e cadeias produtivas que compõem o universo das atividades econômicas, sendo reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social do país. Contudo, comporta-se como grande geradora de impactos ambientais, quer seja pelo consumo de recursos naturais, pela modificação da paisagem ou pela geração de resíduos.

Devido à escassez de recursos, todos os setores produtivos vêm se adequando de forma a executar suas atividades de maneira sustentável, e com a construção civil não é diferente. Percebe-se nos últimos anos um aumento de trabalhos voltados à sustentabilidade do setor, principalmente relacionados aos compósitos argamassas e concretos, reutilizando resíduos que outrora eram descartados, dando-lhes uma nova utilização e assim minimizando os impactos causados pelo seu descarte e sobretudo diminuindo a extração dos materiais comumente utilizados.

Outro ponto que merece destaque são os avanços tecnológicos que vêm provocando uma contínua e crescente pressão sobre os recursos naturais do planeta, à medida que o desenvolvimento demanda uma quantidade razoável de matéria prima, gerando um grande volume de resíduos. Do ponto de vista do desenvolvimento sustentável, esses resíduos devem ser minimizados e, ou, reaproveitados na cadeia produtiva. Na área de construção civil, esforços vêm sendo feitos nos últimos anos visando conscientizar todos os envolvidos no processo, sobre a problemática que o segmento vem enfrentando com a geração de resíduos e a depredação das jazidas naturais (BUTLLER, 2005).

No Brasil, a maricultura vem se desenvolvendo muito rápido e com destaque no Estado de Santa Catarina, pois lá se concentra grande parte do cultivo de moluscos, colocando o país na segunda posição na América Latina como produtor. Nesse contexto, o litoral norte do estado de Pernambuco também possui importância para a maricultura, especialmente no Canal de Santa Cruz, uma vasta área de manguezais que cobre cerca de 1.220 ha., o qual separa a Ilha de Itamaracá do continente. As águas marinhas dessa região

possuem condições favoráveis ao cultivo de moluscos, devido à elevada carga de matéria orgânica em suspensão por ser próximo aos manguezais, e facilidades geológicas da região.

Devido à sua privilegiada extensão litorânea (8,5 mil km), seu mar territorial e sua Zona Econômica Exclusiva (ZEE) de duzentas milhas (4,5 milhões km<sup>2</sup>) e mais de 2,5 milhões de hectares de áreas estuarinas, o Brasil apresenta excepcionais condições para a expansão da maricultura. Avanços significativos vêm sendo observados neste sentido, e em 15 anos, a produção de mariscos no litoral brasileiro cresceu em média 54 vezes (BARROSO, 2007).

Estima-se que, de toda a quantidade de marisco produzida, apenas 20% é consumida na forma alimentar, sendo 80% constituída de casca, donde é composta por 95% de carbonato de cálcio, sendo o restante matéria orgânica e outros compostos (EPAGRI, 2007).

Depois da pesca, a carne do marisco vai para consumo ou comércio, o capote (concha) torna-se resíduo. Reitera-se que, os resíduos da maricultura quando não retornam aos mares, são depositados, muitas vezes em terrenos baldios, mangues, ou até mesmo na faixa de areia das praias onde são pescados, formando montanhas de conchas, que atraem roedores e insetos, podendo causar doenças infecciosas e até acidentes.

A preocupação com o destino de resíduos de ostras e mexilhões não é observada somente no Brasil. Na Coréia, por exemplo, dados apresentam que são geradas anualmente cerca de 300.000 toneladas de cascas de ostras, o governo preocupado com a saúde pública, financiou um projeto para aumentar a reciclagem desses resíduos, pois, com o tempo, ocorre a decomposição microbiana dos sais em gases tóxicos como NH<sub>3</sub> e H<sub>2</sub>S (YOON *et al.*, 2009).

Outro país que desenvolve ações no sentido de melhorar a destinação das cascas descartadas de moluscos, é a Espanha. 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 cimentícia, como corretor de solos, na fabricação de tintas, papel e plástico, e, relevantemente na indústria farmacológica (GREMI DE RECUPERACIÓ DE CATALUNYA, 2007).

Diante do elevado potencial químico da casca de marisco, o carbonato de cálcio é possível ser utilizado em diversas atividades na indústria da construção civil, no processo de fabricação de tintas, vidros, argamassas, blocos e até mesmo concreto, se não fosse descartado de maneira inadequada. Em concreto não estrutural pode até utilizar a concha como parte ou toda parcela do agregado miúdo, triturando, bem como em sua forma natural, como agregado graúdo para concretos.

Um forte potencial de uso desse compósito é como contrapiso, *e.g.*, onde consiste em camada de argamassa ou enchimento aplicado sobre laje, terreno ou sobre uma camada intermediária de isolamento ou de impermeabilização. Para sua definição faz-se necessário determinar os parâmetros desenvolvidos diretamente no seu desempenho, destacando-se entre eles as suas funções e finalidades, as características e propriedades, a base em que será aplicado, tipo de revestimento de piso que irá receber, as solicitações previstas, as técnicas de execução, e, os materiais disponíveis para a produção de compósitos que atendam aos requisitos normativos.

Os pisos internos podem apresentar inúmeras funções, tais como: possibilitar desníveis entre ambientes; proporcionar declividades para escoamento da água; regularizar a base para o revestimento de piso; ser suporte e fixação de revestimento de piso e seus componentes de instalações; promover barreira estanque ou impermeável e isolante térmico e acústico, dentre outros (ELDER; VANDERBERG, 1977).

Nenhum piso deveria ser aplicado diretamente sobre o solo. É importante executar uma camada de preparação em concreto magro, chamado de contrapiso, base ou lastro, e uma argamassa de regularização, respectivamente.

A construção civil é antes de tudo um marcador de crescimento social/econômico. Infraestrutura, habitação, transporte, abastecimento de água e energia são produtos que refletem o grau de desenvolvimento da indústria da construção. Além de ser um indicativo do crescimento econômico, o segmento da construção civil é, também, um dos responsáveis pelo impacto ambiental que ocorre atualmente no planeta uma vez que utiliza grandes volumes de recursos naturais como matéria prima (MAIA; FONSECA, 2006).

Pensar em construção civil é caminhar para necessariamente o conceito de sustentabilidade, pois a incorporação destas práticas na construção é uma tendência crescente no mercado. Sua adoção é “um caminho sem volta”, pois diferentes agentes, tais como governos, consumidores, investidores e associações, alertam, estimulam e pressionam o setor da construção a incorporar práticas sustentáveis em suas atividades. Para tanto, as empresas devem mudar sua forma de produzir e gerir suas obras, devendo, por conseguinte, ato contínuo, fazer uma agenda de introdução

progressiva e sustentável, buscando, em cada obra, soluções que sejam economicamente relevantes e viáveis para o empreendimento.

O Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação em Construção (CIB) define a construção sustentável como o processo holístico para restabelecer e manter a harmonia entre os ambientes natural e construído, e, criar estabelecimentos que confirmem a dignidade humana e estimulem a igualdade econômica (CIB, 2002).

Para Corrêa (2009) é importante notar que o Conselho fala de “restabelecimento da harmonia”, isso porque muitos processos que privilegiavam o aproveitamento passivo de fatores naturais, como luz, calor, ventilação, entre outros, foram abandonados com o advento da energia elétrica e tecnologias de aquecimento e resfriamento artificiais. Há espaço para o resgate de antigas tecnologias e processos para o aumento da sustentabilidade das edificações. Pequenas mudanças, adotadas por todos, podem trazer grandes benefícios sem grandes impactos no custo final do empreendimento.

A noção de construção sustentável deve estar presente em todo o ciclo de vida do empreendimento, desde sua concepção até sua requalificação, desconstrução ou demolição. É necessário um detalhamento do que pode ser feito em cada fase da obra, demonstrando aspectos e impactos ambientais e como estes itens devem ser trabalhados para que se caminhe para um empreendimento que seja: uma ideia sustentável, uma implantação sustentável e uma moradia sustentável.

É nesse cenário que surgiu a necessidade da pesquisa aqui apresentada, haja vista que, são inúmeras as possibilidades de pesquisas voltadas para a sustentabilidade

na construção civil, entre elas registra-se a utilização dos resíduos da maricultura, aplicando-os no processo de substituição de matéria-prima correlatas, utilizadas em processos de produções de argamassas e concreto não estrutural.

A zona costeira é um espaço de grande valor ambiental, exerce um importante papel socioeconômico na forma de enorme fonte de recursos, sendo uma área extremamente sensível e instável pelo seu caráter de interface terra-mar. O litoral pernambucano foi delimitado e setorizado com base na sua situação geográfica e política em 21 municípios, distribuídos numa faixa de 187 km, que se estende desde o município de Goiana, ao norte, até o município de São José da Coroa Grande, ao sul. A costa pernambucana apresenta baixa altitude, chegando a atingir, em vários pontos, cotas inferiores ao nível da preamar. Apresenta ecossistemas extremamente produtivos, sendo considerada a “região verde”, onde ora se sucedem e ora se entrelaçam segmentos de planície recobertos por Coqueirais, remanescentes de Mata Atlântica, Restingas, Estuários com extensos Manguezais, Recifes de Coral, Coroas, Ilhas, entre outros (MMA, 2006).

A maricultura é uma forma de produção de alimento encontrada como uma alternativa de recursos pesqueiros. Esta atividade possui importâncias sociais e econômicas, pois muitas comunidades tradicionais afetadas pelo declínio da produção da pesca extrativa, atualmente sobrevivem do cultivo de organismos marinhos. Assim, a maricultura proporcionou desenvolvimento com uma nova atividade em várias comunidades, permitindo a fixação dos pescadores em suas comunidades de origem, através da geração de emprego e renda. Entretanto, por ser uma atividade relativamente

nova, alguns problemas estão associados a essa forma de produção, principalmente devido à escassez de legislação e regulamentação da atividade. Do ponto de vista ambiental, pode-se dizer que existem problemas relacionados à disposição de resíduos sólidos e efluentes líquidos gerados nos locais de cultivo e alterações nos padrões de circulação de água e poluição visual provocado pelo uso de estruturas para fixação dos cultivos na água (PETRIELLI, 2008).

O principal problema dessa atividade é quanto há geração de grande quantidade de cascas de marisco com descarte “inadequado”, muitas vezes devolvido ao mar, podendo causar ao longo dos anos o assoreamento, fator prejudicial para o cultivo. Alguns maricultores relatam o desenvolvimento de vetores de doenças, degradando a paisagem local, prejudicando o turismo e o comércio da região (LIMA *et al.*, 2000; PEREIRA *et al.*, 2013).

Portanto, durante a realização de visitas a comunidades do litoral pernambucano, foi possível observar inúmeros registros de descarte inadequado desses resíduos, causando relevantes impactos desfavoráveis às comunidades, fundamentalmente a contaminação dos solos e a proliferação de vetores causadores de doenças. Na bateria de Figuras a seguir são mostrados aspectos gerais levantados durante realização de visita à comunidade na cidade do Recife.



Foi possível constatar que é grande a quantidade de resíduos gerados pela prática da atividade de maricultura. Contudo, devido à escassez de recursos pesqueiros, a atividade da mariscagem tornou-se um meio de produção de alimento e renda, encontrada como alternativa para muitas comunidades de pescadores afetadas pelo declínio da produtividade da pesca convencional, tornando a pesca extrativista do marisco uma atividade viável. Entretanto, essa atividade acarreta uma grande geração de resíduos, que de forma descontrolada vem causando impactos ambientais na região pesqueira e proximidades. Observa-se, portanto, a concha do marisco como um dos resíduos desperdiçados ou pouco aproveitados, mas com grande potencial de aplicação na indústria da construção civil, como agregados.

Neste contexto, o reaproveitamento do resíduo gerado pela maricultura na construção civil, substituindo os agregados comumente empregados nos compósitos cimentícios argamassas e concretos não estruturais, além de possibilitar benefícios técnicos, pode representar, do ponto de vista ambiental, uma alternativa de aproveitamento e melhor destinação para o resíduo, evitando seu acúmulo no meio ambiente, bem como sendo uma prática socialmente sustentável, tendo em vista possibilidade da geração desses materiais com custo reduzido, e, por conseguinte, podendo ser utilizado nas próprias habitações da comunidade pesqueira.

Por fim, pode-se dizer e apresentar que, a utilização de materiais marinhos análogos ao estudado, é uma prática muito antiga, de tal forma que se pode mostrar uma edificação da cidade do Recife por demais utilizada, admirada e preservada. O parque da Jaqueira, donde em seu interior encontra-se a igreja de Nossa Senhora da Conceição

das Barreiras, construída em 1766, estando em perfeito estado de serviço, mostra partes de sua construção com compósitos argamassados contendo resíduo da casca do marisco (Registros de casca de marisco em argamassas/concretos na igreja do parque da Jaqueira).



## **Referências:**

BUTTLER, A. M. **Agregados reciclados na produção de artefatos de concreto.** Revista do Concreto - IBRACON. Fevereiro de 2005: 26 - 29.

BARROSO, G. F.; et al. Premissas para a Sustentabilidade da Aquicultura Costeira. In: BARROSO, G. F.; POERSH, L. H. S.; CAVALLI, R. O. (Orgs). Sistemas de Cultivo Aquícolas na Zona Costeira do Brasil: recursos, tecnologias, aspectos ambientais e socioeconômicos. Rio de Janeiro, Museu Nacional, p. 15-24, 2007

CARVALHO, A. L., **Avaliação das Propriedades Mecânicas da Argamassa contendo adição de resíduo de carbonato de cálcio gerado na fabricação de celulose.** Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006.

COELHO, S.O.P, ARAÚJO, A.F.G. A **Sustentabilidade como Princípio Constitucional Sistêmico e sua Relevância na Efetivação Interdisciplinar da Ordem Constitucional Econômica e Social: Para Além do Ambiente e do Desenvolvimentismo.** Rev. Faculdade de Direito de Uberlândia. v. 39: 261-291, 2011. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/revistafadir/article/view/18499>> Acesso em Maio de 2017.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 01 de 23 de Janeiro de 1986.** Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental.

CORRÊA, Lásaro R. **Sustentabilidade na Construção Civil.** Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, UFMG. Belo Horizonte, 2009.

**DIAS, J. R. A. Aplicação de resíduo da maricultura como agregados na produção de concreto não estrutural.** Curso de Engenharia Civil, Departamento de Infraestrutura e Construção, IFPE, campus Recife, 2015. 48p. Trabalho de Conclusão de Curso.

**EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DO ESTADO DE SANTA CATARINA - EPAGRI. Estudo da Viabilidade Técnica, econômica e financeira de implantação de unidade de beneficiamento de mexilhão.** 2007.

**GREMI DE RECUPERACIÓ DE CATALUNYA (ED.). MEJILLONES: de la mesa a la planta de reciclado.** Recupera, Barcelona, n. 42, p.237, 01 dez. 2005.

**HAAS, C.M. A. Interdisciplinaridade em Ivani Fazenda: construção de uma atitude pedagógica.** International Studies on Law and Education, CEMOrOc-Feusp / IJI-Univ. do Porto, 8 mai-ago 2011

**LIMA, H. C.; BARBOSA, J. M.; CORREIA, D. S. Extração de mariscos por moradores da comunidade de Beira-mar 2,** Igarassu-PE. Manguzeais, Editora Universitária da UFPE, p. 1 08-109, 2000.

**MAIA, M. F. F., FONSECA, R. A. S. A gestão da areia utilizada na construção civil.** (Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Educação Ambiental). Centro de Estudos e Pesquisa Educacionais de Minas Gerais: 2006.

**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro: Pernambuco.** Disponível em:< [http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_sigercom/\\_publicacao/.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_sigercom/_publicacao/.pdf)> Acessado em: Maio de 2017.

**ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. Nossa futuro comum.** 2. Ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.

**REGO, M. A. M. Avaliação do uso de concha de marisco como agregado miúdo na produção de argamassa para revestimento de piso.** Curso de Engenharia Civil, Departamento de Infraestrutura e Construção, IFPE, campus Recife, 2016. 35p. Trabalho de Conclusão de Curso.

**PETRIELLI, F. A. S. Viabilidade Técnica e Econômica da Utilização Comercial das conchas de ostras descartadas na localidade do Ribeirão da Ilha, Florianópolis, Santa Catarina.** Curso de Engenharia Ambiental, Departamento de Centro Tecnológico, UFSC, Florianópolis, Santa Catarina, 2008.

**SILVA, S. M. Uso da casca de marisco na construção civil e seus benefícios socioambientais.** Relatório Final apresentado à Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação como parte dos requisitos do Programa de Iniciação Científica do IFPE. Recife, 2017.

**YOON G. L., YOON W. Y., CHAE S. K. Shear Strength and Compressibility of Oyster Shell-sand Mixtures.** Journal Environmental Earth Sciences. Heidelberg – Berlin – Germany. September, 2009.

## **CAPÍTULO 2**

### **REAPROVEITAMENTO DA CONCHA DE MARISCO COMO AGREGADO GRAÚDO NA PRODUÇÃO DE CONCRETO NÃO ESTRUTURAL**

***Reuse of clamshell as coarse aggregate in the non-structural concrete production***

(1) SILVA, Ana Izabella Melo da;(2) SILVA, Ronaldo Faustino da ;(3) SANTOS, André Miranda dos; (4) MOTA, João Manoel de Freitas;

(1) *Engenheira Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.*

(2) *Professor Doutor, Departamento de Infraestrutura e Construção Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.*

(3) *Mestre, Departamento de Infraestrutura e Construção Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.*

(4) *Professor Doutor, Departamento de Infraestrutura e Construção Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.*

*Av. Prof. Luís Freire, 500 - Cidade Universitária, Recife - PE,  
50740-540.*

### **Resumo**

O aumento do consumo dos recursos naturais tem modificado as condições do meio ambiente. A intervenção do

homem vem produzindo cada vez mais resíduos que podem afetar gravemente a natureza. Um desses problemas está ligado à maricultura, onde, em Pernambuco, muitas comunidades desenvolvem a pesca artesanal de mariscos. No entanto, após a separação do molusco para comercialização, as conchas não são aproveitadas e por fim descartadas aleatoriamente, o que contribui para gerar impactos ambientais. Este estudo objetiva dar uma destinação para esses resíduos, através de seu reaproveitamento na produção de concreto não estrutural, substituindo o agregado graúdo (brita), visto que esse elemento não requer alta resistência por não poder ser utilizado em peças estruturais. Portanto, moldaram-se famílias com agregado graúdo (brita) e com concha de mariscos para dois tipos de concreto. Verificou-se que é possível substituir a brita pela concha do marisco na produção de concreto não estrutural, pois obteve-se resultados aceitáveis para essa finalidade.

Palavras-chave: *Concreto não Estrutural, Meio Ambiente, Resíduos de Mariscos.*

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento da população e a busca pelo desenvolvimento econômico trazem consigo o aumento do consumo de recursos naturais com proporções importantes. A intervenção desenfreada do homem na natureza vem modificando as condições do meio ambiente e produzindo cada vez mais resíduos. Diante dessa problemática, surge a necessidade de analisar alternativas para a utilização destes resíduos que estão se acumulando e gerando desequilíbrio ambiental.

Uma atividade bastante intensa no litoral de

Pernambuco é a pesca do marisco da espécie *Anomalocardia brasiliiana*, pois possui uma costa favorável com baías e estuários. No município de Igarassu, o marisco é um tipo de molusco bastante explorado pelas comunidades pesqueiras (SILVA, 2013). A pesca do marisco, devido ao seu beneficiamento, que consiste em aquecer o produto em um recipiente e em seguida bater em uma peneira para facilitar o descasque, produz resíduos que causam grandes impactos ambientais, tais como: poluição visual, assoreamento de rios e mangues, odores desagradáveis e problemas de higiene e saúde, pela falta de controle sanitário (EL-DEIR, 2009).

Nesse contexto, esta pesquisa tem como objetivo avaliar o reaproveitamento das conchas de mariscos como agregado graúdo para a produção de concreto não estrutural, tendo em vista a contribuição relevante para as localidades onde se produz elevado teor deste resíduo em razão da comercialização de pescadores. Portanto, uma ação sustentável e de redução econômica.

No Brasil, pesquisas relacionadas aos resíduos de moluscos ainda são incipientes. Na Coréia, por exemplo, pesquisas são realizadas desde os anos 80, à procura de soluções para utilização das conchas de ostras, visto que lá é um dos países de cultivo deste molusco, mais produtivos do mundo. Os pesquisadores coreanos Yang; Leem (2005), estudaram a eficiência do uso de conchas de ostras para a construção civil, no qual avaliaram a possibilidade da substituição de agregados na produção de concreto por conchas de ostras moídas. Esta mistura foi considerada uma boa alternativa em casos de pouca disponibilidade de areia.

Outro país que desenvolve ações no sentido de melhorar a destinação das conchas descartadas de moluscos é a Espanha, onde, em 2004, foi inaugurada uma fábrica para

reciclar até 80.000 toneladas de conchas de mexilhões. O beneficiamento resulta na obtenção de carbonato de cálcio com 90% de pureza, podendo ser utilizado como matéria-prima na indústria cimentícia, como corretor de solos, na fabricação de tintas, papel e plástico, ou ainda na indústria farmacológica (GREMI DE RECUPERACIÓ DE CATALUNYA, 2007).

Uma das pesquisas realizadas no Brasil refere-se ao estudo feito em Santa Catarina, no qual as conchas, juntamente com resíduos da construção civil, foram utilizadas na confecção de blocos ecologicamente corretos, alcançando resultados compatíveis com as normas.

maricultura é uma forma de produção de alimento encontrada como uma alternativa de renda de famílias, sendo uma atividade fundamentalmente importante pelo declínio da produção da pesca extrativista. Assim, a maricultura proporcionou o desenvolvimento de uma nova atividade em várias comunidades, permitindo a fixação dos pescadores em suas comunidades de origem, através da geração de emprego e renda (PETRIELLI, 2008).

A pesca do marisco *Anomalocardia brasiliiana* é uma atividade tradicional no litoral norte de Pernambuco, onde diversas famílias realizam uma atividade de subsistência expressa pela extração artesanal deste molusco ao longo da costa, sobretudo nos municípios de Goiana, Igarassu e Itapissuma, onde, no ano de 2006, foram registrados 17,7% da captura de pescado no Estado, dentre os quais se destacam os mariscos com 2.475,3 t (CEPENE, 2008). Este bivalve está amplamente distribuído ao longo de toda a costa brasileira, habitando áreas protegidas da ação de ondas e de correntes, ocorre tanto na faixa entremarés como no infra litoral raso em substrato lodoso ou areno-lodoso (NARCHI, 1972; RIOS,

1994; BOEHS; MAGALHÃES, 2004; RODRIGUES et al., 2010).

*Anomalocardia brasiliiana* por ser uma espécie eurialina e euritérmica pode ser considerada uma espécie rústica, possuindo ampla distribuição geográfica (ARAÚJO; NUNES, 2006; BOEHS et al., 2008; LIMA et al., 2009).

Para essa pesquisa, foram executados ensaios inerentes à produção de concreto. MOTA et al (2011) avaliou o incremento de algumas propriedades de concretos com substituição parcial de aglomerantes e para isso foram moldados corpos de prova para investigação das propriedades mecânicas (compressão axial e tração por compressão diametral) e elástica (módulo de elasticidade), método no qual está fundamentado esse estudo, cujos valores mostraram-se aproximados para o traço com o uso da brita como agregado graúdo. Em relação à durabilidade, realizou-se o ensaio de absorção por capilaridade, onde tomou-se como referência a literatura existente. SILVA (2012) em seu estudo apresentou para este ensaio resultados entre 0,81 e 1,18 g/cm<sup>2</sup>. Esses resultados comparados aos dessa pesquisa indicaram valores similares.

## **1.1 Conchas de mariscos**

O molusco utilizado para o estudo foi o da espécie *Anomalocardia brasiliiana*, bastante explorada no estado de Pernambuco. É um molusco muito abundante ao longo de toda costa brasileira. Os mariscos alimentam-se de vegetais minúsculos e animais aquáticos que constituem o plâncton que é um conjunto de organismos que vivem em suspensão na água e serve de alimentação a organismos maiores.

A camada mais externa da concha consiste em

proteínas associadas à 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).

Assim, as conchas dos mariscos são ricas em carbonato de cálcio, que após extração e beneficiamento, pode ser utilizado na produção de medicamentos indicados na reposição de cálcio e corrigir problemas de osteoporose (PEDROSA; COZZOLINO, 2001). Pode também ser associado a material betuminoso e usado como enchimento de estradas, em pastas de papel, na indústria cerâmica, como material impermeabilizante e na correção da acidez do solo (LIMA et al., 2000). A Figura 1 apresenta as conchas estudadas.

Figura 1: Conchas do marisco da espécie *Anomalocardia brasiliiana*.



Fonte: Acervo pessoal, 2020.

## **1.2 Concreto não estrutural**

O concreto não estrutural, também chamado concreto magro, é um concreto simples, com reduzido teor de cimento e água, muito agregado, apresentando-se de forma farofada (ARRUDA et al, 2010).

Tem função de preenchimento ou proteção mecânica, além de regularização e nivelamento de bases. É utilizado frequentemente na composição de camadas de proteção, envelopamento de tubos, enchimentos de camadas, lastros, bases para fundações do tipo sapata corrida e isolada, vigas baldrames, contrapisos e pavimentos. É um concreto mais econômico, porém deve ser utilizado quando não forem exigidas significativas resistência e impermeabilidade. Este tipo de concreto requer grande quantidade de agregado graúdo em sua dosagem, sendo a pedra britada a mais frequentemente usada. Sendo assim, concretos sem função estrutural não necessitam de elevado teor de cimento e baixa relação água/cimento.

Rochas para britagem são facilmente encontradas na natureza e são consideradas recursos minerais abundantes. Entretanto, essa relativa abundância deve ser encarada com o devido cuidado. O custo de transporte da pedreira aos centros de distribuição ou ao consumidor final, por exemplo, encarece o preço final, pois praticamente todo o transporte é feito por via rodoviária. Portanto, idealmente, a brita deve ser produzida o mais próximo possível dos centros de consumo (QUARESMA, 2009). Com a comprovação da eficácia na substituição do agregado graúdo pelas conchas de mariscos, as comunidades pesqueiras seriam beneficiadas com a possibilidade de produzir concreto não estrutural nas próprias moradias.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Localização da coleta dos mariscos**

As conchas de mariscos foram coletadas na Praia do Capitão, mais conhecida como Praia de Mangue Seco, no distrito de Nova Cruz, situada no Município de Igarassu/PE, a uma distância média de 33 km do Recife. Neste local e nas comunidades vizinhas existe um grande volume de resíduos descartados sem destinação adequada, como mostram as Figuras 2 e 3.

**Figura 2:** Conchas descartadas na Praia do Capitão em Igarassu/PE.



Fonte: Acervo pessoal, 2020.

**Figura 3:** Conchas descartadas pela atividade da mariscagem na comunidade Beira-Mar II, Igarassu/PE.



Fonte: Acervo pessoal, 2020.

## **2.2 Materiais**

Para execução dos traços de concreto utilizou-se cimento, areia média, agregado graúdo (brita), conchas de marisco e água. Foi realizado o peneiramento dos agregados e das conchas para determinação da granulometria de acordo com a NBR NM 248 (2003). Além disso, foram calculadas as massas unitárias dos materiais no estado solto, conforme a NBR NM 45 (2006).

### **2.2.1 Cimento**

O cimento usado para os ensaios na composição do concreto foi o CPIV-32 RS, um Cimento Portland Pozolânico indicado para obras expostas à ação de água corrente e ambientes agressivos. Apresenta características particulares que favorecem sua aplicação em casos de grande volume de concreto devido ao baixo calor de hidratação e é inibidor da reação álcali-agregado (ABCP, 2015).

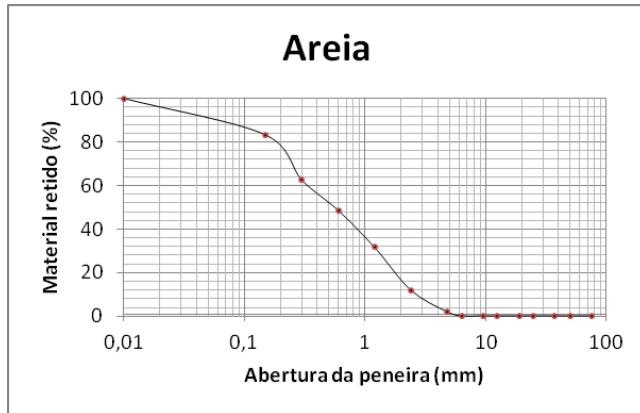
### **2.2.2 Agregado miúdo**

O agregado usado foi a areia média com as seguintes características mostradas na Tabela 1 e na Figura 4.

Tabela 1: Características da areia.

|   |      |
|---|------|
| <b>Dimensão máxima característica(mm)</b> | 4,8  |
| <b>Módulo de finura</b>                   | 2,4  |
| <b>Massa unitária (g/cm<sup>3</sup>)</b>  | 1,55 |

Figura 4: Curva granulométrica da areia



Fonte: Acervo pessoal, 2020.

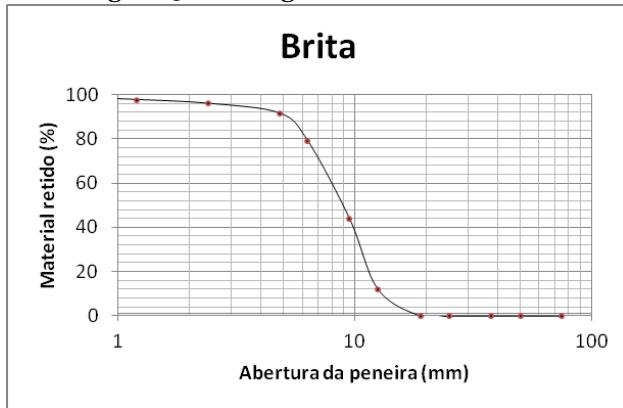
### 2.2.3 Agregado graúdo

A brita nº1 foi o agregado usado para moldagem de metade dos corpos de prova. A Tabela 2 e a Figura 5 mostram algumas características.

Tabela 2: Características da brita.

|   |      |
|---|------|
| <b>Dimensão máxima característica(mm)</b> | 19,0 |
| <b>Módulo de finura</b>                   | 6,27 |
| <b>Massa unitária (g/cm<sup>3</sup>)</b>  | 1,45 |

Figura 5: Curva granulométrica da brita.



Fonte: Acervo pessoal, 2020.

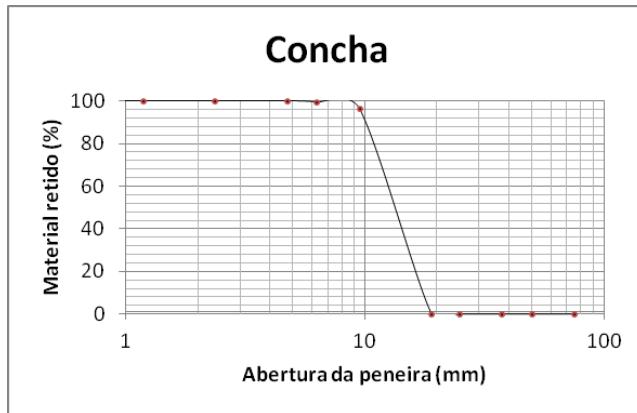
#### 2.2.4 Conchas de mariscos

As conchas utilizadas para os ensaios são da espécie *Anomalocardia brasiliiana* cujas características estão na Tabela 3 e na Figura 6. A Figura 7 mostra uma porção de concha.

Tabela 3: Características das conchas.

|   |      |
|---|------|
| <b>Dimensão máxima característica(mm)</b> | 19   |
| <b>Módulo de finura</b>                   | 6,99 |
| <b>Massa unitária (g/cm<sup>3</sup>)</b>  | 0,77 |

Figura 6: Curva granulométrica da concha



Fonte: Acervo pessoal, 2020.

Figura 7: Conchas de mariscos usadas nos ensaios



Fonte: Acervo pessoal, 2020.

## 2.2.5 Água

Para produção do concreto utilizou-se água fornecida pela Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA, responsável pelo abastecimento de água e esgotamento sanitário do Estado.

## **2.3 Métodos**

### **2.3.1 Lavagem e secagem das conchas**

Para serem utilizadas nos ensaios, as conchas passaram por um processo de lavagem. No Laboratório de Materiais de Construção do IFPE *Campus Recife*, foi realizada a limpeza das conchas, com uma betoneira de 150 L, sendo 4 ciclos de 25 minutos com água em abundância e em seguida as conchas foram expostas ao ar livre por 15 dias (Figuras 8 e 9).

Figura 8: Lavagem das conchas



Fonte: Acervo pessoal, 2020.

Figura 9 - Secagem das conchas



Fonte: Acervo pessoal, 2020.

### **2.3.2 Produção do concreto, moldagem e cura dos corpos de prova**

Esta fase do estudo foi realizada no Laboratório de Materiais de Construção do IFPE *Campus Recife*. Para a produção do concreto, utilizou-se uma betoneira de 150 L seguindo um procedimento de dosagem através de um processo volumétrico, ou seja, foram utilizadas padiolas devido ao volume de material onde foi usada meia padiola.

De acordo com a NBR 5738 (2015) foi realizada a moldagem e cura dos corpos de prova. Com vista a obter parâmetros comparativos para a pesquisa, optou-se pela utilização de 2 traços, divididos em 4 famílias, as quais se diferem pelo uso da brita (referência) e do marisco com as mesmas proporções. Foram moldadas 18 amostras para cada família estudada, sendo os corpos de prova cilíndricos de 100x200mm, cujas as réplicas foram mantidas em câmara úmida até as idades dos ensaios (Tabela 4).

**Tabela 4 - Famílias de concreto produzidas para o estudo.**

| <b>Nomenclatura</b>            | <b>T.U.V. (c: a: b/m:<br/>a/c)</b> |
|--------------------------------|------------------------------------|
| <b>Família 1 (brita100%)</b>   | <b>1 : 2 : 3 : 0,6</b>             |
| <b>Família 2 (marisco100%)</b> | <b>1 : 2 : 3 : 0,6</b>             |
| <b>Família 3 (brita100%)</b>   | <b>1 : 4 : 4 : 0,5</b>             |
| <b>Família 4 (marisco100%)</b> | <b>1 : 4 : 4 : 0,5</b>             |

A família 1 seria uma proporção para concreto estrutural e a família 2 com a mesma proporção para efeito comparativo, donde as famílias 3 e 4 são de fato para concreto

não estrutural, objetivo dessa pesquisa. A relação água x cimento foi determinada para atender a matriz de abatimento.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através do abatimento do tronco de cone, conforme a NBR NM 67 (1998), verificou-se a consistência, na qual buscou-se fixar os valores em 100 +\/- 20mm para todos os traços de concreto (Tabela 5).

Tabela 5 - Densidades e abatimentos.

| Nomenclatura                    | Densidades<br>(g/cm <sup>3</sup> )<br>no estado<br>fresco /<br>endurecido | Abatimento |
|---------------------------------|---|------------|
| <b>Família 1 (brita 100%)</b>   | 2,34 / 2,26   | 120mm      |
| <b>Família 2 (marisco 100%)</b> | 2,24 / 2,15   | 100mm      |
| <b>Família 3 (brita 100%)</b>   | 2,33 / 2,21   | 100mm      |
| <b>Família 4 (marisco 100%)</b> | 2,22 / 2,13   | 80mm       |

As densidades dos traços diminuíram com a substituição do agregado graúdo pela concha. Essa verificação era esperada, visto que a brita é um material mais denso que a concha do marisco.

Para execução dos ensaios de resistência à compressão axial e resistência à tração por compressão diametral, foi utilizada uma prensa elétrica automática servo-controlada, com indicador digital touch screen e capacidade para 200 tf.

As idades dos corpos de prova foram determinadas diante das possibilidades operacionais (acima de 28 dias).

O ensaio de resistência à compressão foi realizado de acordo com a NBR 5739 (2007), no qual foram avaliados 12 corpos de prova para cada família (Tabela 6). A Figura 10 mostra o ensaio de compressão.

Tabela 6 - Resistência à compressão axial.

| Resistência à compressão (MPa) Idade (dias) |      |      |           |      |      |           |      |      |           |      |       |
|---|------|------|-----------|------|------|-----------|------|------|-----------|------|-------|
| 64  |      |      | 57        |      |      | 68        |      |      |           |      |       |
| Família 1                                   |      |      | Família 2 |      |      | Família 3 |      |      | Família 4 |      |       |
| M   | SD   | CV   | M         | SD   | CV   | M         | SD   | CV   | M         | SD   | CV    |
| 19,11                                       | 0,93 | 4,84 | 10,22     | 0,68 | 6,65 | 8,80      | 0,33 | 3,72 | 4,60      | 0,47 | 10,17 |

M – média; SD – desvio padrão (MPa); CV – coeficiente de variação (%)

Figura 10 - Ruptura após aplicação de carga de compressão axial



Fonte: Acervo pessoal, 2020.

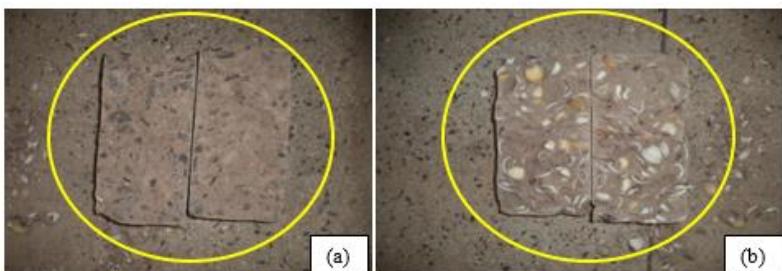
Conforme a NBR 7222 (2011) verificou-se a resistência à tração por compressão diametral. Para este ensaio foram analisadas 3 amostras por família. Os resultados do ensaio de tração por compressão diametral indicaram redução da resistência bastante significativa para as amostras com conchas em substituição à brita como mostra a Tabela 7.

Tabela 7 - Tração por compressão diametral.

| Resistência à tração por compressão diametral (MPa) |      |       |           |      |       |           |      |       |           |      |       |
|---|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|
| Idade (dias)  |      |       |           |      |       |           |      |       |           |      |       |
| 64  |      |       |           | 57   |       |           |      | 68    |           |      |       |
| Família 1   |      |       | Família 2 |      |       | Família 3 |      |       | Família 4 |      |       |
| M   | SD   | CV    | M         | SD   | CV    | M         | SD   | CV    | M         | SD   | CV    |
| 2,39  | 0,35 | 14,66 | 1,21      | 0,15 | 12,07 | 1,25      | 0,15 | 12,00 | 0,73      | 0,14 | 18,78 |

M – média; SD – desvio padrão (MPa); CV – coeficiente de variação (%)

Figura 11: Ruptura após aplicação de carga de compressão diametral: (a) Corpo de prova da família 1; (b) Corpo de prova da família 2.



Fonte: Acervo pessoal, 2020.

Com base na NBR 8802 (2013), realizou-se o ensaio para definição do módulo de elasticidade dinâmico, através da determinação da velocidade de propagação da onda ultrassônica. Para isso foi utilizado o equipamento PUNDIT (aparelho de ultrassom digital), em 3 corpos de prova de cada família, com o aparelho posicionado no modo de transmissão direta, o qual indica o tempo decorrido em  $\mu$ s, desde a emissão da onda até a sua recepção como mostram a Figura 12 e a Tabela 8.

Figura 12: Ensaio para determinação da velocidade de propagação da onda ultrassônica.



Fonte: Acervo pessoal, 2020.

Tabela 8 - Valores do ensaio de ultrassom.

| <b>Ensaio de ultrassom - Tempos (μs)</b> |      |
|--|------|
| <b>Família 1 (brita 100%)</b>            | 45,2 |
| <b>Família 2 (marisco 100%)</b>          | 52,8 |
| <b>Família 3 (brita 100%)</b>            | 48,5 |
| <b>Família 4 (marisco 100%)</b>          | 61,9 |

Para determinar o módulo de elasticidade dinâmico, calculou-se a densidade dos corpos de prova. Todos eles estavam armazenados na câmara úmida. Outro dado que compõe a equação para se determinar o MED é o coeficiente de Poisson. A NBR 6118 (2014) admite para o concreto um coeficiente de Poisson relativo às deformações elásticas iguais a 0,2, valor utilizado nesse trabalho.

De posse dessas informações, foi possível calcular o módulo de elasticidade dinâmico, por meio da Equação 1. A Tabela 9 mostra os resultados.

$$Ed = \rho V^2 \cdot (1+\mu) \cdot (1-2\mu) \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

$Ed$  – módulo de elasticidade dinâmico (Gpa)

$V$  – velocidade de propagação da onda (mm/ $\mu$ s)  $\rho$  – densidade de massa aparente ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$\mu$  – coeficiente de Poisson

Tabela 9 - Módulo de elasticidade dinâmico.

| Módulo de Elasticidade Dinâmico (GPa) |      |      |           |      |      |           |      |      |           |      |      |
|---------------------------------------|------|------|-----------|------|------|-----------|------|------|-----------|------|------|
| Idade (dias)                          |      |      |           |      |      |           |      |      |           |      |      |
| 64                                    |      |      | 57        |      |      | 68        |      |      |           |      |      |
| Família 1                             |      |      | Família 2 |      |      | Família 3 |      |      | Família 4 |      |      |
| M                                     | SD   | CV   | M         | SD   | CV   | M         | SD   | CV   | M         | SD   | CV   |
| 39,85                                 | 0,68 | 1,71 | 27,78     | 0,06 | 0,20 | 33,79     | 0,20 | 0,60 | 20,07     | 0,69 | 3,48 |

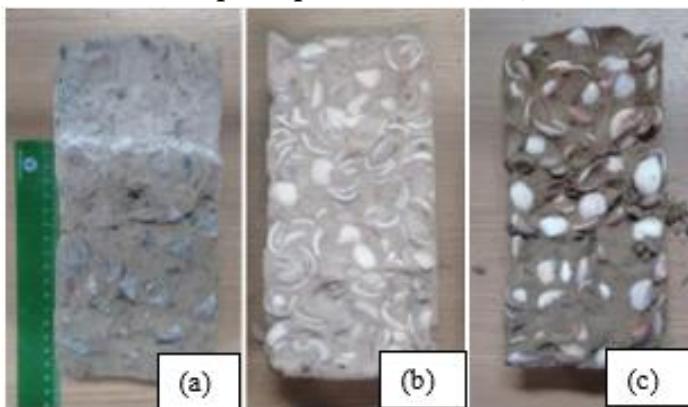
M – média; SD – desvio padrão (MPa); CV – coeficiente de variação (%)

Foi realizado o ensaio de absorção por capilaridade de acordo com a NBR 9779 (2012). Acerca dos resultados, notou-se que, com a substituição da brita por conchas na família 2, as amostras apresentaram o mesmo resultado da família 1. Já para a família 4, houve aumento na absorção de água para as amostras com conchas de mariscos comparando-as com as da família 3. Isso pode ser justificado, tendo em vista o baixo teor de cimento em relação à quantidade de conchas e a pouca aderência da concha à argamassa (Tabela 10). A Figura 13 mostra a parte interna dos CP's após ascensão da água.

Tabela 10 - Absorção por capilaridade.

| Absorção por capilaridade (g/cm <sup>2</sup> ) |             |
|--|-------------|
| <b>Família 1 (brita 100%)</b>                  | <b>0,51</b> |
| <b>Família 2 (marisco 100%)</b>                | <b>0,51</b> |
| <b>Família 3 (brita 100%)</b>                  | <b>2,58</b> |
| <b>Família 4 (marisco 100%)</b>                | <b>4,33</b> |

Figura 13 - Ruptura diametral dos Cps após ensaio de absorção: (a) Corpo de prova da família 3; (b) Corpo de prova da família 2; (c) Corpo de prova da família 4.



Fonte: Acervo pessoal, 2020.

## 4 CONCLUSÕES

A análise dos resultados permite chegar-se às conclusões:

No ensaio de resistência à compressão axial, as amostras com conchas de marisco tiveram redução em relação às amostras de referência com brita. Na comparação entre as famílias 1 e 2, a redução foi de aproximadamente 46%, e para as famílias 3 e 4, 48%. No entanto, a família 2

apresentou uma resistência média de 10,22 MPa, valor mais usado para concreto não estrutural, visto que o mesmo se enquadra no valores médios de resistência utilizados nas obras. Entretanto, a família 4 não deixa de ser interessante para se usar em serviços de residências unifamiliares, ou seja, solicitações moderadas.

O ensaio de resistência à tração por compressão diametral também apresentou diminuição nas amostras com conchas de marisco comparando-as com as amostras com brita, principalmente para a família 4, todavia esse ensaio apresentou redução análoga ao de compressão axial. Entretanto, o módulo de elasticidade mostrou patamares interessantes quando se usou a concha como agregado graúdo.

Quanto ao ensaio de absorção por capilaridade, o valor da família 2, com conchas, manteve-se linear em relação à família 1, com brita. Nas famílias 3 e 4, cujo traço possui menor teor de cimento, houve aumento significativo da absorção da família 4, donde nesse caso, pode-se dizer que o concreto produzido com conchas de marisco obteve maior permeabilidade.

A pesquisa mostrou, através dos ensaios executados, que é possível substituir o agregado graúdo (brita) pela concha de marisco na produção de concreto não estrutural, podendo ser utilizado em camadas de regularização, nivelamento de bases e contrapisos. A proposta do estudo foi atendida pela família 2, a qual apresentou resultados aceitáveis dentro da funcionalidade do concreto não estrutural. Essa substituição apresenta uma economia de aproximadamente 25% no preço desse concreto. Nestas condições, a reutilização dos resíduos de conchas de mariscos demonstra grande importância não só do ponto de vista

ambiental, mas também contribui para a redução de custos de materiais utilizados na construção civil.

Contudo, sugere-se que mais pesquisas sejam realizadas dentro desse conceito, as quais venham corroborar com esse estudo, realizando análises mais detalhadas dos resíduos das conchas e estudar novas possibilidades, fundamentalmente, avaliando o desempenho dessa aplicação ao longo do tempo.

## **REFERÊNCIAS**

ARAÚJO, C. M. Y.; NUNES, C. G. **A guideline to molluscan bivalve reproductivestudies in brazilian marine management areas.** In: INTERNATIONAL COASTAL SYMPOSIUM, 8, 2006, Itajaí. **Proceedings...** Itajaí: Coastal Education & Research Foundation, 2006. p. 945-948.

ARRUDA, A. B. F.; SILVA, S. L.; SOUSA, W. P., **Cartilha do Pedreiro**, 3 ed., Bahia, 2010.

Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP. São Paulo, 2015. <http://www.abcp.org.br/colaborativo-portal/perguntas-frequentes.php?id=21>. 10 Set.2015.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.  
**NBR NM 45. Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios.** Rio de Janeiro, 2006.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. **NBR NM 67. Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 1998.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.  
**NBR NM 248. Agregados - Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, 2003.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. **NBR 5738. Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** Rio de Janeiro, 2015.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. **NBR 5739. Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2007.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. **NBR 6118. Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.** Rio de Janeiro, 2014.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. **NBR 7222. Concreto e argamassa - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2011.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. **NBR 8802. Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica.** Rio de Janeiro, 2013.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. **NBR 9779. Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por capilaridade.** Rio de Janeiro, 2012.

BARREIRA, C. A. R.; ARAÚJO, M. L. R. **Ciclo reprodutivo de Anomalocardia brasiliiana na praia do Canto da Barra, Fortim, Ceará, Brasil.** São Paulo, v. 31, n. 1, p. 9-20, 2005.

BOEHS, G.; ABSHER, T. M.; CRUZ-KALED, A. C. **Ecologia populacional de Anomalocardia brasiliiana na Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil.** Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 259-270, 2008.

BOEHS, G.; MAGALHÃES, A. R. M. **Simbiontes associados com Anomalocardia brasiliiana na Ilha de Santa**

**Catarina e região continental adjacente, Santa Catarina, Brasil.** Revista Brasileira de Zoologia, Curitiba, v. 21, n. 4, p. 865-869, 2004.

**CENTRO DE PESQUISA E GESTÃO DE RECURSOS PESQUEIROS DO LITORAL NORDESTE - CEPENE.** Boletim da estatística da pesca marítima e estuarina do Nordeste do Brasil - 2006. Tamandaré, PE: CEPENE, 2008. 385 p.

**EL-DEIR, S. G. Estudo da mariscagem Anomalocardia Brasiliana nos bancos de Coroa do avião, Ramalho Mangue Seco.** Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009. 123p. Tese Doutorado.

**GREMI DE RECUPERACIÓ DE CATALUNYA (ED.). MEJILLONES:** de la mesa a laplanta de reciclado. Recupera, Barcelona, n. 42, p.237, 01 dez. 2005.

**LIMA, H. C.; BARBOSA, J. M.; CORREIA, D. S., Extração de mariscos por moradores da comunidade de Beira-mar 2, Manguezais, 2000, 108.**

**LIMA, M. A.; SOARES, M. O.; PAIVA, C. C.; OSÓRIO, F. M.; PORFÍRIO, A. F.; MATTHEWS-CASCON, H. Osmorregulação em moluscos: o caso do bivalve estuarino tropical Anomalocardia brasiliiana (Mollusca: Bivalvia). Conexões – Ciência e Tecnologia, Fortaleza, v. 5, n. 3, p. 79-84, 2009.**

**MOTA, J. M. F.; DOURADO, K. C.; BARBOSA, F. R.; COSTA E SILVA A. J.; SILVA, E. J.; CARVALHO, J. R., Concretos Adicionados com Metacaulim como agente de mitigação da RAA.** Anais do 53º Congresso Brasileiro do Concreto. Florianópolis, Santa Catarina, 2011.

NARCHI, W. **Comparative study of the functional morphology of Anomalocardia brasiliiana and Tivela mactroides.** Bulletin of Marine Science, Miami, v. 22, n. 3, p. 663-670, 1972.

PEDROSA, L. F. C.; COZZOLINO, S. M. F., **Composição centesimal e de minerais de mariscos crus e cozidos da cidade de Natal/RN**, Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, São Paulo, 21, 2001,154.

PETRIELLI, FERNANDA ALMEIDA DA SILVA. **Viabilidade Técnica e Econômica da Utilização Comercial das conchas de ostras descartadas na localidade do Ribeirão da Ilha, Florianópolis, Santa Catarina.** Curso de Engenharia Ambiental, Departamento de Centro Tecnológico, UFSC, Florianópolis, Santa Catarina, 2008. 127p. Dissertação Pós Graduação.

QUARESMA, LUIZ FELIPE. Relatório técnico 30. **Perfil de brita para construção civil - Produto 22 Agregados para Construção Civil.** Ministério de Minas e Energia - MME Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral – SGM.

RIOS, E. C. **Coastal brazilian shells.** Rio Grande: Fundação Cidade Rio Grande, 1994. 255.

RODRIGUES, A. M. L.; AZEVEDO, C. B.; SILVA, G. H. G. Aspectos da biologia e ecologia do molusco bivalve *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791) (Veneridae). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 8, n. 4, p. 377-383, 2010.

RUPPERT T, E. E.; FOX, R. R.; BARNES, R. D., **Zoologia dos Invertebrados (Uma abordagem funcional evolutiva).** Editora ROCA, 7 ed., São Paulo, 2005.

SILVA, F. B., **Estudo comparativo das propriedades do concreto convencional utilizando brita granilítica e seixo rolado do sertão de Pernambuco.** Faculdade do Vale do Ipojuca - FAVIP, Caruaru, Pernambuco, 2012.

SILVA, Marcelo Teixeira da. **Utilização da concha de marisco na indústria de argamassa.** 2013. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia Ambiental) – Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP, 2013. 101p. Dissertação Mestrado em Tecnologia Ambiental.

YANG, E.; YI, S.; LEEM, Y. **Effect of oyster shell substituted for fine aggregate on concrete characteristics: Part I. Fundamental properties.** Cement and Concrete Research. V. 35, n. 11, p. 2175-2182, 2005.

## CAPÍTULO 3

# PROJETO DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL SUSTENTÁVEL PARA COMUNIDADES PESQUEIRAS; RESÍDUOS DA MARICULTURA NA CONSTRUÇÃO

*Housing Project of Sustainable Social Interest for  
Fishing Communities; Mariculture Waste in  
Construction*

(1) MORAES, Yuri Barros Lima de; (2) SILVA, Ronaldo Faustino da; (3) SANTOS, Elizabeth dos; (4) MoTA, João Manoel de Freitas

- (1) *Mestre Laboratório de Eco Soluções, IFPE - Instituto Federal de Pernambuco (LabEcoSol / IFPE)  
yurimoraes@recife.ifpe.edu.br.*
- (2) *Professor Doutor, Doutor LabEcoSol/ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco  
IFPE ronaldofaus@gmail.com.*
- (3) *Graduanda LabEcoSol/IFPE, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.*
- (4) *Professor Doutor, Departamento de Infraestrutura e Construção Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.*

*Av. Prof. Luís Freire, 500 - Cidade Universitária, Recife - PE,  
50740-540.*

## **RESUMO**

A pesquisa desenvolvida no Laboratório de EcoSoluções – LabEcoS do IFPE *Campus Recife*, tem por objetivo desenvolver uma proposta de habitação de interesse social, sustentável. Para tanto, e entendendo que para ser sustentável, uma proposta deve ser apropriada as diferentes realidades, a pesquisa definiu como objeto de estudo, a elaboração de um projeto arquitetônico desenvolvido para uma localidade específica, no caso a Povoação de São Lourenço de Tejucupapo, no município de Goiana, litoral norte de Pernambuco. A escolha do local se deu a partir de visitas exploratórias que identificaram a grande produção de resíduos de maricultura, base da subsistência das comunidades pesqueiras, bem como a receptividade para com o grupo de pesquisa. A utilização destes resíduos por sua vez é a base para o desenvolvimento dos materiais de construção aqui estudados.

**Palavras-Chave:** *Habitação de Interesse Social Sustentável; Materiais de Construção; Reciclagem de Resíduos.*

## **1. INTRODUÇÃO**

A partir do incentivo do DAIC – Departamento Acadêmico de Infraestrutura e Construção Civil e das coordenações de seus cursos, ao desenvolvimento e implementação de atividades de pesquisa e extensão, surgiu então a idéia de criação de um Laboratório de Eco Soluções, informalmente entre seus idealizadores apelidado de Lab.EcoS, que pudesse propiciar a construção do conhecimento técnico, de pesquisa e extensão no âmbito dos cursos técnicos, de graduação e de pós graduação, ligados

àquele departamento. Desta forma, as atividades do laboratório, surgiriam a partir de “cases”, que seriam trabalhados em quatro eixos, a saber: *i.* Projetos e Tecnologia das Construções; *ii.* Engenharia de Materiais; *iii.* Saneamento Ambiental; *iv.* Eco Soluções em Comunidades. Sendo este último, foco das atividades de extensão e destinado a estabelecer os nexos entre a produção do conhecimento e as realidades da sociedade.

Desta iniciativa em construção, surgiu o primeiro “case”, a partir da necessidade de minimizar os impactos ambientais negativos causados pelas atividades da maricultura, de considerável expressão no nordeste brasileiro, sobretudo no verão, quando do incremento da indústria do turismo, que junto com a expansão urbana das faixas litorâneas, vem exercendo forte pressão sobre os territórios pesqueiros, com possíveis prejuízos para as comunidades e os saberes e fazeres locais.

O litoral de Pernambuco se estende por 187 km e possui 33 comunidades pesqueiras que subsistem predominantemente da pesca artesanal estuarina, visto que apenas no litoral norte do estado, existem 15.935,40 ha de áreas estuarinas, totalizando 61,6% do total do Estado (CPRH, 2003 p.91).

Neste “modelo” de pesca artesanal, participam homens, mulheres e crianças, cabendo a estes últimos, a coleta de moluscos (marisco, ostra, sururu) caranguejo e siri. Tal coleta é feita, em geral, a pé e com utilização de técnicas manuais e a produção recebe um primeiro beneficiamento que, no caso da ostra, é feito na borda do mangue. As etapas posteriores do beneficiamento (quando existem) são realizadas no domicílio das pescadoras e consiste no cozimento com sal (CPRH, 2003 p.96).

Esse processo de extrativismo e beneficiamento da maricultura gera grandes quantidades de resíduos, visto que o molusco usado na alimentação representa apenas 25% do peso total, no caso da ostra, sendo a concha, com 75% do peso total, descartada como resíduo e depositadas em terrenos baldios ou mesmo nas ruas, atraindo roedores e insetos causadores de doenças infecciosas, e acidentes por conta de sua característica cortante (TENÓRIO, 2014 p.64).

Estes resíduos, por sua vez, vêm sendo utilizados nas construções vernaculares das formas mais diversas, seja para realização de aterros, na execução de contrapisos, incorporados nas argamassas de terra crua para aumentar a resistência ao intemperismo nas casas de taipa (pau-apique), tão características do nordeste brasileiro, ou ainda usadas simplesmente como revestimento, em uma espécie de substituição das cerâmicas. Mas recentemente, eles vêm sendo reaproveitados como agregados para a fabricação de blocos de concreto, como no caso do “Bloco Verde”, desenvolvido em Santa Catarina, pela Engenheira Bernadete Batista, em parceria com a empresa BLOCAUS Pré-Fabricados, desde 2008 e ganhador de vários prêmios.

A partir daí, foi lançado ao Lab.EcoS o desafio de desenvolver um Projeto de Habitação de Interesse Social Sustentável, com arquitetura apropriada e que utilize as conchas de marisco, como insumos para os materiais e técnicas construtivas. Tudo isto, com vistas à valorização dos saberes e fazeres locais, através do incentivo à manutenção da cultura arquitetônica/construtiva das comunidades pesqueiras do litoral pernambucano.

## **2. METODOLOGIA**

Por se tratar de uma pesquisa multidisciplinar, desde o início desenvolvida a partir de eixos complementares, a definição da metodologia também observou as especificidades de cada um dos quatro eixos, como demonstrado a seguir.

### **2.1 Projetos e Tecnologia das Construções**

Para este Eixo, o objetivo foi o desenvolvimento de uma proposta arquitetônica apropriada, que levasse em consideração as especificidades culturais, físicas, geográficas e bioclimáticas locais. Para tanto, foi desenvolvida uma revisão bibliográfica, para instrumentalizar os pesquisadores a respeito de temas e conceitos relativos ao universo da pesca artesanal, da arquitetura vernácula praieira e da utilização dos resíduos da maricultura na construção tradicional, com o intuito de apoiar uma etapa posterior, de visita aos órgãos e instituições que atuam com a temática, na busca pela identificação da localização das comunidades pesqueiras, bem como para a coleta de dados sobre as mesmas.

A Proposta de Projeto de Habitação de Interesse Social Sustentável sistematiza todo o levantamento de dados e foi construída pelos pesquisadores e estudantes envolvidos na pesquisa. Para tanto, foram realizados estudos sobre conforto ambiental, sobre as condições edafoclimáticas e sobre as características tipológicas das construções na comunidade objeto de estudo.

Como partido para a proposta arquitetônica, buscou-se assemelhar às habitações produzidas pelos programas de produção de moradia atuais, como o Minha Casa Minha Vida,

ao menos quanto ao dimensionamento e programa de necessidades, possibilitando assim, futuras comparações entre a proposta desta pesquisa e a produção dos programas supracitados.

## **2.2 Engenharia de Materiais**

Este eixo, que se concentra no desenvolvimento de materiais e técnicas de construção, iniciou suas atividades a partir de estudos para o aproveitamento das conchas de marisco “inteiro”, como agregado graúdo para realização de concreto não estrutural; “triturado”, para execução de revestimento argamassado de superfícies verticais (paredes) e horizontais (pisos e tetos); e ainda na correção do solo para fabricação de tijolos de solo cimento, indicados para as alvenarias na proposta arquitetônica.

Para estudo do concreto não estrutural, utilizou-se betoneira de 150L e dosagem volumétrica, para a qual foram utilizadas padiolas. A moldagem e cura dos corpos de prova foram executadas conforme a NBR 5738/2015, com o objetivo de obter parâmetros comparáveis para a pesquisa. Foram utilizados 2 traços, divididos em 4 famílias (Tabela 1), sendo as com uso da brita, de referência e as com uso do marisco com as mesmas proporções. As amostras foram moldadas em corpos de prova cilíndricos (100x200mm) e mantidas em câmara úmida até as idades dos ensaios (MELO, A. I. da S., 2015).

Tabela 1 - Famílias de concreto produzidas para o estudo.

| Nomenclatura (graúdo) | Traço     |
|-----------------------|-----------|
| Família 1 (brita)     | 1 : 2 : 3 |
| Família 2 (marisco)   | 1 : 2 : 3 |
| Família 3 (brita)     | 1 : 4 : 4 |
| Família 4 (marisco)   | 1 : 4 : 4 |

Fonte: MELO, 2015.

Para o estudo sobre as argamassas, foram produzidas amostras de argamassas para contrapiso, fabricadas com cimento CP II Z-32, com a incorporação das conchas de marisco processadas em triturador de mandíbulas, de forma a atender uma granulometria de areia média e grossa, que conforme a ABNT NRB 6502/1995, varia de 0,2mm a 2,0mm. Após esse processamento, ainda foi usado o soquete de 2,5 kg com o cilindro Proctor normal para atingir a granulometria ideal. A preparação da argamassa foi executada com misturador mecânico, conforme o traço de referência definido em 1:4 (cimento: areia), em volume, relação água/cimento 0,70 e percentuais de incorporação das conchas já trituradas conforme a Tabela 2 (RÊGO, M. J. de A. M. 2016).

Tabela 2 - Traços unitários em massa

| Traço | Cimento | Agregado miúdo natural (areia) | Agregado miúdo (marisco) |
|-------|---------|--------------------------------|--------------------------|
| T1    | 1       | 4                              | 0                        |
| T2    | 1       | 2                              | 2                        |
| T3    | 1       | 0                              | 4                        |

Fonte: RÊGO, 2016.

Para cada traço foram moldados 09 corpos de prova cilíndricos na fôrma de 50 x100 mm, de acordo com a ABNT NBR 7215/1996, sendo 6 (seis) corpos de prova destinados ao ensaio de resistência a compressão axial,<sup>2</sup> (dois) para ensaio de resistência à tração por compressão diametral e 1 (um) para ensaio de determinação de absorção de água e módulo de elasticidade, totalizando 27 corpos de prova. Após a moldagem, os corpos de prova, ainda nos moldes, foram colocados em câmara úmida onde permaneceram por 24h, com a face superior protegida por uma placa de vidro plano. Passado o período inicial da cura, os corpos de prova foram desmoldados, identificados e imersos em água, onde permaneceram até completar os 28 dias de idade para o rompimento (RÊGO, 2016).

O desenvolvimento dos estudos para a fabricação dos tijolos de solocimento teve início com a caracterização do solo da comunidade objeto de estudo, para o qual foram coletadas 15kg de solo, sendo 5kg de cada um dos três locais de coleta. Todo este material foi processado a fim de se realizar os ensaios para determinação da granulometria, do limite de liquidez e do limite de plasticidade.

Após terem atingido a umidade higroscópica, as amostras foram submetidas a caracterização, sendo primeiramente realizado o quanteamento. Essas amostras foram colocadas em um saco plástico e devidamente identificadas. Posteriormente, as amostras foram colocadas em almofariz e amolgadas com o auxílio de Mão de Gral para homogeneização.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Assim como a metodologia, os resultados alcançados se apresentam também divididos nos eixos temáticos definidos pelo Lab.EcoS.

Para o Eixo de Projetos e Tecnologia das Construções, podemos elencar como resultados o conhecimento de diversas comunidades pesqueiras do litoral do estado de Pernambuco, com especial atenção a de Barra de Sirinhaém, no litoral sul; as de Igarassu Centro e Mangue Seco, ambas no município de Igarassu, litoral da Região Metropolitana; e as Comunidades de Carne de Vaca e São Lourenço de Tejucupapo, estas duas últimas localizadas no litoral norte do estado.

Figura 1: Depósito de conchas de marisco em Mangue Seco – Igarassu –PE.



Fonte: RÊGO, M. J. de A. M. 2016

As visitas exploratórias às comunidades possibilitaram um reconhecimento “in loco” das realidades das comunidades e a partir da identificação de uma larga produção de resíduos da maricultura (conchas), bem como da receptividade dos habitantes para com a equipe de

pesquisadores. Foi escolhida então a Comunidade de São Lourenço de Tejucupapo, como Objeto de Estudo para esta pesquisa.

Nesta comunidade foi realizada então uma análise da tipologia das construções tradicionais, de onde foram extraídas informações, principalmente quanto aos fluxogramas e as relações de proximidades entre os diferentes ambientes das edificações estudadas. Pôde-se perceber que as casas da comunidade acompanham o estilo de vida simples dos moradores, no tamanho, nos materiais usados na construção (geralmente alvenaria de tijolo cerâmico com pintura em cima do próprio reboco, coberta de telhas cerâmicas apoiadas em estrutura de madeira de uma ou duas águas portões gradeados. Mas essas casas também trazem em suas características arquitetônicas a necessidade de individualidade, de organizar aquele espaço de acordo com o seu “eu”, ao seu gosto e ao seu modo de viver (SANTOS, E. Et. al, 2015).

Na análise tipológica também pôde-se perceber que há uma relação de proximidade entre os ambientes da Cozinha, do Banheiro e da Área de Serviço, todas, com estreita proximidade das áreas externas (quintais).

Tal configuração espacial não é comum, principalmente em ambientes mais urbanizados, mas naquela comunidade se justifica, pois é nesta área que os moradores realizam o beneficiamento do marisco coletado, atividade que produz, pelo cozimento do marisco, vapores com odor característico, que não seria aprazível nos demais ambientes da edificação. Outra razão para esta configuração pode ser o fato de que a concentração das “áreas molhadas” da edificação pode gerar economia quando da execução das instalações hidrossanitárias.

Figura 2- Croquis da Distribuição dos Cômodos em São Lourenço de Tejucupapo



Fonte: SANTOS, E. Et. al, 2015.

Tal configuração corrobora as ideias de LIMA JUNIOR, 2007, para o qual a cozinha se apresenta como lugar afastado por ser o ambiente de trabalho, para o qual, o costume de mantê-la na parte mais afastada dos outros cômodos da casa, vem da visão popular de ser um ambiente “insalubre”, “selvagem” e que atrai insetos e pequenos animais, portanto, por uma questão sanitária é melhor manter longe do espaço interno da casa. E a sala de jantar surge como o ambiente “salubre” em que se possa fazer as refeições.

O desenho de fachada segue um padrão que se mostrou muito característico da área e que vem se repetindo, mesmo nas casas mais recentemente construídas. O tipo de fachada parece atender ao que a comunidade entende como a melhor maneira de expressar receptividade, de marcar a entrada e manter a área do terraço bem arejada e iluminada. Existe uma marcação de pilares que define uma divisão na

fachada que serve de base também nas divisões dos cômodos internos. Essas divisões são delimitadas também pelo desenho de um quadrado que circunda a fachada frontal como uma moldura para o terraço, mantendo o contato com o externo e com a rua, como um lugar de transição da noção de “fora” para “dentro” (SANTOS, E. et. al 2015).

Figura 3 - Molduras que marcam o terraço,  
forte marca da tipologia local.



Fonte: SANTOS, E. Et. al, 2015.

### 3.1 O Projeto Arquitetônico

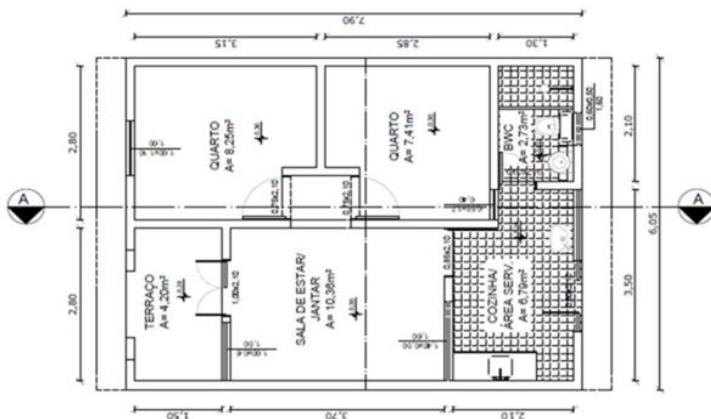
Com base na observação da tipologia local, foi desenvolvido um projeto arquitetônico buscando atender às necessidades da população e agregando a ele o sentimento de apropriação do espaço da população local. Uma das características importante das casas tradicionais foi a composição das fachadas, algo que foi capturado para o projeto. Outra característica a ser levada em consideração é a possibilidade de ser uma casa geminada, situação muito presente na comunidade.

Pensando em futuras comparações como as habitações produzidas pelos programas de produção de moradia, como o Minha Casa Minha Vida, o projeto partiu de

uma concepção de habitação mínima, onde os cômodos foram pensados para ocupar o mínimo de espaço possível, mas que venha ainda a ser confortável. Desta forma, a habitação proposta possui 6,05m x 7,90m, tendo assim 47,80m<sup>2</sup>. A entrada se dá por um terraço, tido como ambiente de estar e de recepção, ele dá acesso à sala de estar que também é sala de jantar, já que é de costume da população pesqueira não se alimentar na própria cozinha. A sala dá acesso aos dois quartos, onde é de costume ser um para o casal e um para as crianças, dela também se tem acesso à cozinha que divide o espaço com a área de serviço.

A cozinha e área de serviço são entendidas pela população pesqueira como áreas insalubres, por ser o espaço destinado ao trabalho com o marisco e, portanto, devem estar afastados dos cômodos de estar. Também o banheiro é uma área insalubre, sendo assim, no projeto foi localizado após a cozinha e área de serviço.

Figura 4 - Planta Baixa Proposta.



Fonte: SANTOS, E. Et. al, 2015.



Fonte: SANTOS, E. Et. al, 2015.

### **3.2 Os Materiais de Construção**

#### **3.2.1 Concreto Não Estrutural**

Através do abatimento do tronco de concreto, conforme a NBR NM 67/1998, verificou-se a consistência, na qual buscou-se fixar os valores em  $100 +\backslash - 20\text{mm}$  para todos os traços de concreto.

As densidades dos traços diminuíram com a substituição do agregado gráudo pela concha. Essa verificação era esperada, visto que a brita é um material mais denso que a concha do marisco.

Para execução dos ensaios de resistência à compressão axial e resistência à tração por compressão diametral, foi utilizada uma prensa elétrica automática servo-controlada, com indicador digital touch screen e capacidade para 200 tf. O ensaio foi realizado de acordo com a NBR 5739/2007, onde foram avaliados 12 corpos de prova para cada família.

Conforme a NBR 7222/2011 verificou-se a resistência à tração por compressão diametral. Os resultados do ensaio de tração por compressão diametral indicaram redução da resistência, bastante significativa para as amostras com conchas em substituição à brita.

O ensaio de absorção por capilaridade foi realizado de acordo com a NBR 9779/2012 e notou-se o aumento da absorção de água nas amostras com conchas de mariscos, o que é justificado, pelo baixo teor de cimento em relação à quantidade conchas e a pouca aderência da concha à argamassa.

### 3.2.2 Argamassas

O ensaio de resistência à compressão axial foi realizado de acordo com a NBR 13279/1995, onde foram analisados 6 corpos de prova de cada família. De acordo com os parâmetros da NBR 13281/2005, os resultados das famílias 1,2 e 3 se caracterizam como argamassa (Tabela 3).

Tabela 3: Tração por compressão axial.

| Resistência à tração por compressão axial (MPa) |      |      |            |      |      |            |      |      |  |
|---|------|------|------------|------|------|------------|------|------|--|
| Idade: 28 dias                                  |      |      |            |      |      |            |      |      |  |
| Família T1                                      |      |      | Família T2 |      |      | Família T3 |      |      |  |
| RM  | SD   | CV   | RM         | SD   | CV   | RM         | SD   | CV   |  |
| 4,37  | 0,24 | 5,49 | 5,00       | 0,25 | 5,00 | 5,16       | 0,33 | 6,39 |  |

M – média; SD – desvio padrão (MPa); CV – coeficiente de variação (%).

Fonte: RÊGO, 2016.

Argamassa composta por cimento e conchas apresentou resistência à compressão média maior que as demais amostras, isso se dá, pois, segundo LAWRENCE, P. *Et. al* (2004) o CaCO<sub>3</sub> reage com compostos do cimento (3CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e 4CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) produzindo carboaluminato (3CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.CaCO<sub>3</sub>.11H<sub>2</sub>O). Além disso, o CaCO<sub>3</sub> pode ativar a hidratação do cimento atuando como

pontos de nucleação (RÊGO, M. J. de A. M. 2016).

Também Foi realizado o ensaio de absorção de água por imersão de acordo com a NBR 9778/2005, através dos quais foi possível notar que, com a substituição total da areia por concha de marisco, a amostra da família T3 apresentou percentual de absorção de água numericamente acima das demais famílias.

Tabela 4: Valores de Absorção de Água por Imersão (%).

| Ensaio de Absorção de Água por Imersão | %     |
|--|-------|
| <b>Família T1 (sem concha)</b>         | 9,89  |
| <b>Família T2(50% de concha)</b>       | 9,93  |
| <b>Família T3 (100% de concha)</b>     | 10,45 |

Fonte: RÊGO, 2016.

Isso pode ser justificado, devido a maior porosidade da argamassa tendo a concha como agregado miúdo e também devido à pouca aderência desse agregado com a pasta de cimento.

## 4 CONCLUSÕES

Sobre a elaboração do Projeto Arquitetônico, pôde-se verificar que é possível se desenvolver projetos que respeitem os condicionantes locais, inclusive os culturais, desde que haja o devido cuidado e a destinação de tempo e recursos necessários para um diagnóstico preciso de tais condições em cada localidade específica. Desta forma, esta pesquisa pretendeu mais, o desenvolvimento de uma metodologia de diagnóstico e projeto, do que estabelecer um “modelo”

arquitetônico a ser replicado indiscriminadamente em qualquer comunidade litorânea. Podendo ser utilizado, sim, na comunidade objeto de estudo, São Lourenço de Tejucupapo, em Goiana, litoral norte do estado de Pernambuco.

O partido assemelhado, quanto às dimensões e programa de necessidades, se mostrou eficiente e possibilitará, em pesquisas futuras, comparações com projetos já executados pelos Programas atuais de produção de moradia, como o Minha Casa Minha Vida.

Quanto ao desenvolvimento dos Materiais e Técnicas de construção, utilizando as conchas do marisco pode-se verificar que os resultados dos ensaios realizados reforçam a hipótese da viabilidade no aproveitamento do resíduo da maricultura na construção civil. Atualmente, a pesquisa tem se concentrado no estudo sobre o uso das conchas de marisco trituradas para fabricação de tijolos de solocimento, que podem ser utilizado na execução das alvenarias do projeto proposto.

Com relação ao Saneamento Ambiental, dá-se também início ao desenvolvimento de filtros para o tratamento de águas pluvias e sistemas de tratamento do esgoto doméstico, também com a incorporação das conchas de marisco.

## **REFERÊNCIAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS ABNT. **NBR 5738. Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** Rio de Janeiro, 2015.

\_\_\_\_\_. NBR 5739. **Concreto – Ensaios de Compressão de Corpos de Prova Cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2007.

\_\_\_\_\_. NBR 6457. **Amostras de Solo – Preparação para Ensaios de Compactação e Ensaios de Caracterização.** Rio de Janeiro, 1986.

\_\_\_\_\_. NBR 6502. **Rochas e Solos.** Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_. NBR 7215. **Cimento Portland – Determinação da Resistência à Compressão.** Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_. NBR 7222. **Concreto e Argamassa – Determinação da Resistência à Tração por Compressão Diametral de Corpos de Prova Cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_\_. NBR 9778. **Argamassa e Concreto Endurecidos – Determinação da Absorção de Água, Índices de Vazios e Massa Específica.** Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. NBR 9779. **Argamassa e Concreto Endurecidos – Determinação da Absorção por Capilaridade.** Rio de Janeiro, 2012.

\_\_\_\_\_. NBR 13279. **Argamassa para Assentamento e Revestimento de Paredes e Teto – Determinação da Resistência à Tração na Flexão e à Compressão.** Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_. NBR 13281. **Argamassa para Assentamento e Revestimento de Paredes e Teto – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. NBR NM 67. **Cimento Portland – Determinação da Consistência pelo Abatimento do tronco de Cone.** Rio de Janeiro, 1998.

**CPRH. Diagnóstico Socioambiental do Litoral Norte de Pernambuco.** Recife, 2003. 214p.

**DURVAL, M. de S. Usa das Conchas de Marisco na Construção Civil, Ensaio de Materiais.** Relatório Final de Estágio Curricular Obrigatório para o Curso de Engenharia Civil, IFPE, Recife, 2015.

**LAWRENCE, P.; CYR, M.; RINGOT, E. Mineral admixtures in mortar effect of type, amount and fineness of fine constituents on compressive strength.** Cement and Concrete Research, Toulouse, France, 14 p., 2004.

**LIMA JÚNIOR, G. C. de B. Arquitetura Vernacular Praieira.** Recife, 2007.

**MELO, A. I. da S. Avaliação Do Reaproveitamento Da Concha Do Marisco Como Agregado Graúdo Na Produção De Concreto Não Estrutural.** Trabalho de Conclusão no Curso de Engenharia Civil, IFPE, Recife, 2015.

**RÊGO, M. J. de A. M. Avaliação Do Uso De Concha De Marisco Como Agregado Miúdo Na Produção De Argamassa Para Revestimento De Piso.** Trabalho de Conclusão no Curso de Engenharia Civil, IFPE, Recife, 2016.

**SANTOS, E.; RODRIGUES, T.; MORAES, Y. B. L. Projeto De Habitação De Interesse Social Sustentável Para Comunidades Pesqueiras Do Litoral Pernambucano.** Relatório Final de Projeto de Extensão, IFPE, Recife, 2015.

---

**TENÓRIO. H. C. L. Reaproveitamento de Conchas de Mariscos e Resíduos da Construção Civil em Alagoas.** Cadernos de Graduação: Ciências Exatas e Tecnológicas. V1. N1. Maceió, 2014.

## CAPÍTULO 4

# APLICAÇÃO DO RESÍDUO DA MARICULTURA COMO AGREGADO NA PRODUÇÃO DE CONCRETO NÃO ESTRUTURAL

***Waste Application Mariculture As Aggregate In Non-Structural Concrete Production***

(1) DIAS, João Rafael Albuquerque; (2) SILVA, Ronaldo Faustino da; (3) SILVA, Ana Izabella Melo da; Mota, (4) João Manoel de Freitas; (5) RÊGO, Maria Juliana de Almeida Melo

(1) *Engenheiro Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.*

(2) *Professor Doutor, Doutor LabEcoSol/ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco IFPE*

(3) *Engenheira Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.*

(4) *Professor Doutor, Departamento de Infraestrutura e Construção Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.*

(5) *Professor Doutor, Departamento de Infraestrutura e Construção Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.*

(6) *Engenheira Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.*

*Av. Prof. Luís Freire, 500 - Cidade Universitária, Recife - PE,  
50740-540.*

## **Resumo**

A indústria da construção civil tem demonstrado potencial ambiental na utilização de recursos que inicialmente seriam descartados, dessa forma, as conchas do molusco (*Anomalocardia brasiliiana*) provenientes da mariscagem artesanal e cujo acúmulo vem causando consequências negativas ao ecossistema em áreas litorâneas de Pernambuco, tornam-se interessantes para tal. Este trabalho tem como objetivo a aplicação dos resíduos das conchas, como agregado graúdo em sua forma natural de concha e agregado miúdo na forma triturada, para confecção de concreto não estrutural; foram realizados diversos ensaios com o concreto no estado fresco e nos corpos de prova de concreto no estado endurecido. Os resultados demonstraram que é possível utilizar as conchas do molusco como agregados miúdos e graúdos na produção de concreto não estrutural, sendo esse material útil para a confecção de composição de camadas de proteção, enchimentos de camadas, base de blocos, lastros, contrapisos e peças pré-moldadas de baixa solicitação.

**Palavra-Chave:** *Mariscos; Concreto não estrutural; Resíduos; Sustentabilidade.*

## **1. INTRODUÇÃO**

O crescente padrão de consumo no Brasil nos últimos anos trouxe um aumento na geração de resíduos industriais, como também resíduos sólidos urbanos, o que ocasionou a elevação dos custos sociais e ambientais provocados pelas deposições inadequadas no meio ambiente. Porém, através da reutilização e reciclagem de resíduos, obtém-se insumos para cadeias produtivas, como no caso da indústria da

construção civil, onde observa-se uma boa opção para redução do impacto causado pelo consumo, bem como redução elevada da demanda de matérias-primas utilizadas. E, segundo Silva (2013), diante dessa situação, é necessário observar o ambiente e identificar os resíduos que estão se acumulando e não são aproveitados, gerando problemas ambientais, que se acumulam ilegalmente nas cidades, agravando problemas urbanos.

Devido à escassez de recursos pesqueiros, a atividade da mariscagem tornou-se um meio de produção de alimento e renda encontrada como alternativa para muitas comunidades de pescadores afetadas pelo declínio da produtividade da pesca convencional, tornando a pesca extrativista do molusco *Anomalocardia Brasiliana* única atividade viável. Contudo, essa atividade acarreta uma grande geração de resíduos, que de forma descontrolada vem causando impactos ambientais na região pesqueira e proximidades. Vemos, portanto, a concha do marisco como um dos resíduos desperdiçados ou pouco aproveitados, e que podem ter um grande potencial de aplicação na indústria da construção civil, como agregados.

Os agregados obtidos através do beneficiamento da concha do marisco podem ser caracterizados segundo a recomendação prescrita pela norma ABNT NBR 7211/2005 a qual define as especificações dos agregados a serem empregados na produção de concretos através da avaliação de requisitos tais como: distribuição granulométrica, massa específica, massa unitária, índice de forma e absorção.

Para estudar a influência da utilização de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição na produção de concretos convencionais, Leite (2001) avaliou a influência do agregado reciclado sobre propriedades do

concreto no estado fresco (massa específica e trabalhabilidade) e propriedades do concreto no estado endurecido (resistência à compressão, resistência à tração na flexão, tração por compressão diametral e módulo de deformação) e concluiu que o uso desses agregados reciclados é perfeitamente viável para produção de concretos.

Neste sentido, o reaproveitamento do resíduo da casca do marisco na construção civil, substituindo agregados miúdos e graúdos na produção de concretos não estruturais, pode representar, do ponto de vista ambiental, uma alternativa de aproveitamento e melhor destinação para o resíduo, evitando seu acúmulo junto aos resíduos sólidos urbanos, transformando-os em matéria-prima para novos produtos. Outro benefício é a inclusão social na medida em que os pescadores transformam resíduos da maricultura em geração de emprego e renda, além da possibilidade da aplicação desse concreto não estrutural em suas moradias.

## **1.1 Objetivos**

O desenvolvimento deste trabalho objetiva auxiliar na discussão acerca da reutilização dos resíduos de conchas de mariscos com a finalidade de aplicá-los na produção de concreto não estrutural, e que tal possa ser utilizado nas moradias populares das comunidades que praticam a pesca e comercialização desse molusco, como enchimentos de camadas, base de fundações, lastros, contra pisos e etc.

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Produzir concreto não estrutural utilizando agregados miúdos e graúdos derivados da casca do marisco e avaliar a influência destes nas propriedades do concreto.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Caracterizar os agregados que serão aplicados na produção do concreto não estrutural;
- Confeccionar duas famílias de concretos não estruturais, variando as proporções de agregados miúdo em 50 e 100% de substituição ao agregado natural, ambas utilizando concha como agregado graúdo.
- Avaliar a influência da substituição dos agregados naturais pelos agregados provenientes das cascas de mariscos, nas propriedades mecânicas dos concretos não estruturais produzidos no estado fresco e endurecidos.
- Comparar os resultados obtidos com os resultados das famílias de concretos não estruturais produzidos na pesquisa realizada por (SILVA; 2015).

## **2 MARICULTURA E O ANOMALOCARDIA BRASILIANA**

O molusco encontrado na região litorânea de Igarassu/PE denomina-se *Anomalocardia Brasiliana*, e trata-se de um molusco bivalve marinho da família dos venerídeos, comestível e de ampla ocorrência no litoral brasileiro, o qual vive enterrado no lodo. Tais moluscos possuem coloração branca amarelada, superfície externa lisa com manchas de padrões variados (Figura 1).

Figura 1: Conchas do marisco da espécie *Anomalocardia brasiliiana*.



Fonte: cervo Pessoal, 2020.

A região costeira é composta por vários ecossistemas: oceano, praias, dunas, manguezais, restingas, ilhas, estuários, recifes, entre outros, em Pernambuco, de acordo com a Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife (FIDEM, 1975), as áreas estuarinas representam 25.044 ha, sendo 17.372 ha de manguezais. Atualmente a maricultura representa um dos setores que mais cresce no cenário global de alimentos (VALENTI et. Al, 2000). Essa atividade nada mais é que um ramo específico da aquicultura relacionado à produção de organismos em águas marinhas e envolve o cultivo de peixes, moluscos, camarões e algas. Na cidade Igarassu/PE esta exploração dos recursos naturais costeiros ocorre sem nenhum conhecimento específico dos estoques existentes e da capacidade de suporte para tal atividade, levando à super exploração dos recursos pesqueiros e o esgotamento dos estoques.

Esse processo de extrativismo e beneficiamento da maricultura gera grandes quantidades de resíduos, visto que o molusco usado na alimentação representa aproximadamente 25% do peso total do marisco, sendo a concha, com 75% do peso total, descartada como resíduo, que são depositados em terrenos baldios ou mesmo nas ruas, atraindo roedores e insetos causadores de doenças infecciosas, e acidentes por conta de sua característica cortante (TENÓRIO, 2014). Em vários estudos relacionados com a pesca da maricultura, pode-se perceber a importância desse ecossistema e da sua relação com a comunidade, que depende da pesca para sua sobrevivência.

A Resolução Conama nº 303 (2002) define que os mangues são áreas de preservação permanente - APP, sendo a sua degradação passível de punição na forma da Lei de Crimes Ambientais (LEI nº 9.605; de 12 de fevereiro de

1998). Mas, apesar da proteção legal, a região estuarina sofre o impacto de ações antrópicas e a expansão das atividades extrativistas do molusco *Anomalocardia Brasiliiana*, o que ocasiona uma desordenada geração de cascas, provocando o gradativo aterrramento dos estuários através do processo contínuo de deposição de resíduos. A composição química, segundo a análise química quantitativa realizada por fluorescência de raios X, por (SILVA, 2013) nas conchas de mariscos, indicou que o material é constituído, essencialmente, por óxido de cálcio, contendo traços de outros óxidos, e a análise mineralógica qualitativa por difrações de raios X, revelou reflexões características de planos cristalográficos do mineral aragonita. A aragonita é uma das formas cristalinas do carbonato de cálcio, que cristaliza no sistema ortorrômbico, sendo muito menos estável e mais solúvel em água que a calcita.

## **2.1 Agregados**

Agregados podem ter origem na natureza através de jazidas naturais ou artificialmente, através de uma rocha mãe e processos de britagem e moagem, ou ainda através de uma diversidade de processos industriais. Entre os agregados mais convencionais temos o seixo, brita e areias. De acordo com a norma brasileira de agregados para concreto a (NBR 7211/2005), os agregados devem ser compostos por grãos de minerais duros, compactos, estáveis, duráveis e limpos, e não devem conter substâncias de natureza e em quantidade que possam afetar: a hidratação e o endurecimento do cimento; a proteção da armadura contra a corrosão; a durabilidade ou, quando for requerido, o aspecto visual externo do concreto, pois estes, constituem uma elevada porcentagem do concreto

(cerca de 75%), de modo que as suas características têm importância nas proporções empregadas na economia e na produção do concreto.

Existe ainda a separação dos agregados em dois tipos segundo o tamanho dos grãos em agregados graúdos e miúdos, que são classificados quanto ao seu tamanho através do peneiramento do material, realizado segundo a norma ABNT NM 248/2003. Vale ressaltar que a norma NBR 7211/2005 diz respeito apenas a agregados de origem natural, portanto não se aplica a agregados obtidos de forma industrial ou agregados de materiais reciclados.

De acordo com Petrucci (2005), entende-se por agregado miúdo normal ou corrente, a areia natural quartzosa ou pedrisco resultante do britamento de rochas estáveis, com tamanhos de partículas tais que no máximo 15% ficam retidos na peneira de 4,8mm. Também podem ser definidos como agregado, cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 $\mu$ m., os agregados miúdos, popularmente chamados de areias, são divididas em grossas, médias, finas e muito finas, conforme o valor do seu módulo de finura, que é a soma das porcentagens retidas acumuladas, nas peneiras da série normal, dividida por 100.

Ainda segundo Petrucci (2005), agregado graúdo é o pedregulho natural, seixo rolado ou pedra britada, proveniente do britamento de rochas estáveis, com um máximo de 15% passando na peneira 4,8mm. Define-se também agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm. Conhecidos comumente por britas, os agregados graúdos são classificados conforme os tamanhos das partículas componentes (diâmetros mínimos e

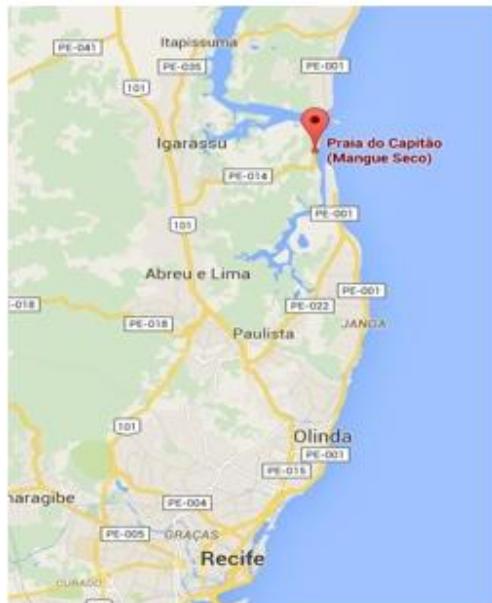
máximos), segundo a NBR NM 248/2003.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1 Local de coleta dos resíduos**

As conchas de mariscos foram coletadas em uma área onde estão situadas grande parte das comunidades ribeirinhas que realizam a atividade de mariscagem, no distrito de Nova Cruz, situado no Município de Igarassu/PE, mais precisamente na Praia do Capitão (Figura 2), popularmente conhecida como Praia de Mangue Seco, local onde se verifica grande acúmulo de resíduos devido ao desordenado descarte no meio ambiente.

Figura 2: Localização da área de coleta das conchas.



Fonte: Google Earth, 2016.

## 3.2 Materiais e suas características

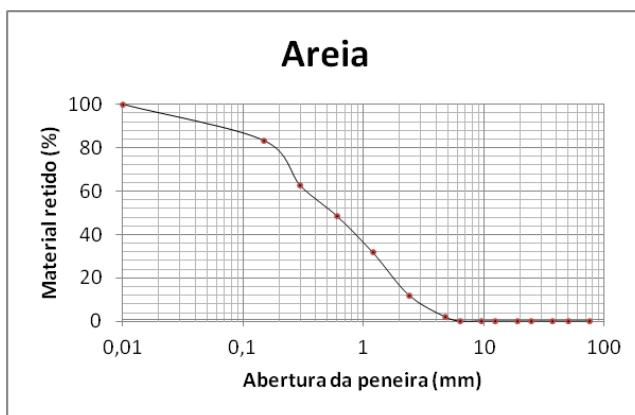
### 3.2.1 Agregado miúdo natural

Utilizou-se areia natural de origem quartzosa, da região metropolitana do Recife/PE a qual foi caracterizada quanto à sua massa unitária no estado solto e composição granulométrica conforme mostram a Tabela 1 e a Figura 3.

Tabela 1 - Características da areia natural.

|   |                          |
|---|--------------------------|
| <b>Forma e textura</b>                        | Quartzoso redondo e liso |
| <b>Módulo de Finura</b>                       | 2,4                      |
| <b>Massa Unitária (g/cm<sup>3</sup>)</b>      | 1,55                     |
| <b>Dimensão máxima<br/>característica(mm)</b> | 4,8                      |

Figura 3: Curva granulométrica da areia natural.



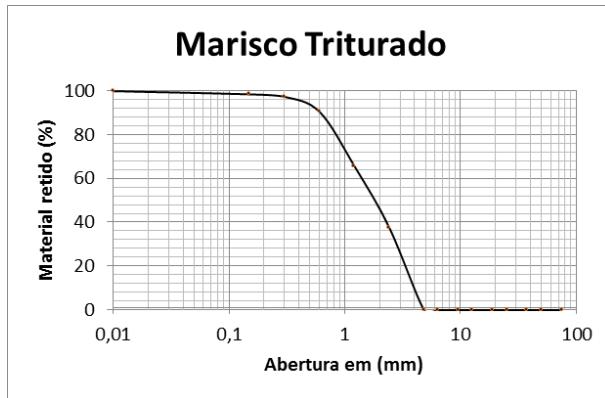
### 3.2.2 Agregado miúdo derivado da concha

Obtido através da Trituração da concha em britador de mandíbulas, este agregado foi caracterizado conforme mostram a Tabela 2 e a Figura 4.

Tabela 2: Características da concha triturada.

|   |                  |
|---|------------------|
| <b>Forma e textura</b>                    | Angular e rugoso |
| <b>Módulo de Finura</b>                   | 2,7              |
| <b>Massa Unitária (g/cm<sup>3</sup>)</b>  | 1,41             |
| <b>Dimensão máxima característica(mm)</b> | 4,8              |

Figura 4 - Curva granulométrica do marisco triturado.



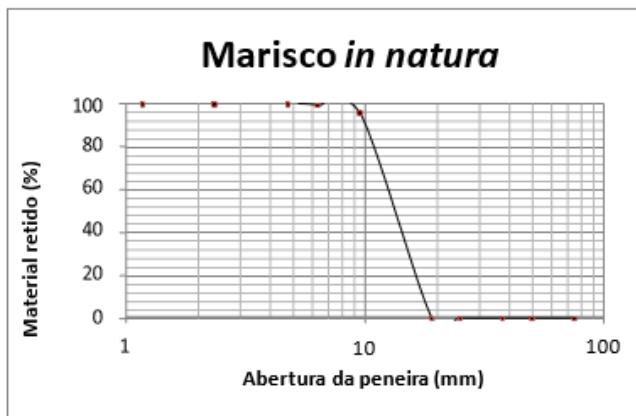
### 3.2.3 Agregado graúdo - concha

A concha do molusco *Anomalocardia brasiliiana* em seu formato natural foi utilizada como agregado graúdo, sendo também classificado conforme mostram a Tabela 3 e a Figura 5.

Tabela 3: Características da concha natural.

|   |  |
|---|--|
| <b>Forma e textura</b>                    | Superfície externa rugosa e interna lisa |
| <b>Módulo de Finura</b>                   | 6,99                                     |
| <b>Massa Unitária (g/cm<sup>3</sup>)</b>  | 0,770                                    |
| <b>Dimensão máxima característica(mm)</b> | 19                                       |

Figura 5: Curva granulométrica da concha natural.



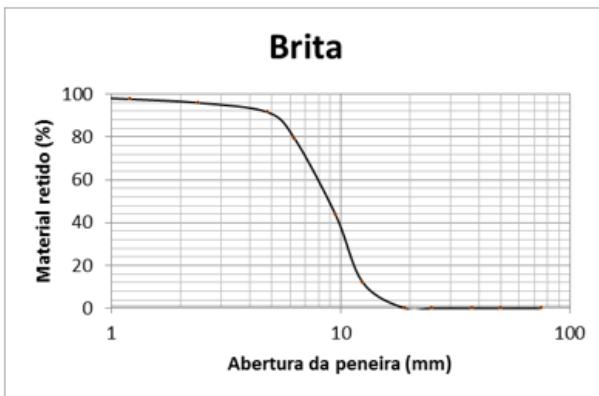
### 3.2.4 Agregado graúdo

A brita nº1 foi o agregado usado para a confecção dos traços de Silva (2015). A Tabela 4 e a Figura 6 mostraram algumas características.

Tabela 4 - Características da brita.

|  |                |
|--|----------------|
| <b>Forma e textura</b>                     | Angular rugoso |
| <b>Módulo de Finura</b>                    | 6,27           |
| <b>Massa Unitária (g/cm<sup>3</sup>)</b>   | 1,45           |
| <b>Dimensão máxima característica (mm)</b> | 19,0           |

Figura 6: Curva granulométrica da brita.



### 3.2.5 Cimento Portland

O aglomerante utilizado neste trabalho foi o cimento Portland pozolânico CP IV-32 RS, por ser amplamente utilizado na cidade do Recife/PE. Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (2015) é indicado em casos de exposição a ambientes agressivos e de grande volume de concreto por causa das suas propriedades de tornar o concreto mais impermeável e gerar menor calor de hidratação.

### **3.2.6 Água**

Na produção do concreto estudado utilizou-se água potável disponível nos laboratórios do IFPE Campus Recife, fornecida pela Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA.

## **4. Materiais e Métodos**

### **4.1 Limpeza das conchas**

Devido à coleta das conchas ter sido realizada dias após seu descarte no meio ambiente, foi necessária a realização de um processo de limpeza que **se** consistiu nas seguintes etapas:

- Secagem das conchas ao sol, por um período de 30 dias visando a decomposição da matéria orgânica remanescente.
- Lavagem das conchas utilizando betoneira de 150 L, sendo 4 ciclos de 10 minutos com água em abundância ou até que a coloração da água não se apresentasse escura durante o processo (Figura 7).
- Secagem das conchas lavadas ao ar livre durante 15 dias para perda de umidade (Figura 8).

Figura 7: Lavagem das conchas em Betoneira.



Fonte: Acervo Pessoal, 2020.

Figura 8: Secagem das conchas.



Fonte: Acervo Pessoal, 2020.

Todas essas etapas foram realizadas no Laboratório de Materiais de Construção do IFPE Campus Recife.

#### **4.2 Trituração das conchas**

Para que pudesse ser utilizada, a casca do marisco deveria estar em granulometria semelhante aos agregados miúdos que compõem a mistura do concreto. Dessa forma, foi necessária realização de moagem da concha. Para isso, foi empregado o equipamento britador de mandíbulas Modelo BB100 da marca ViaTest. Nesse processo as conchas eram submetidas a duas passagens consecutivas pelo britador e em seguida passavam pelo método de peneiramento utilizando as peneiras de malha #4,8mm, #2,4mm e #0,05mm.

As frações retidas na peneira #4,8mm voltavam ao triturador, já a fração passante na peneira #0,05mm era descartada por apresentar elevada fração de finos. Essa técnica foi realizada visando aproximação com a granulometria da areia natural utilizada durante a pesquisa (Figura 9).

Figura 9 - Resultado da Trituração da concha.



Fonte: Acervo Pessoal, 2020.

#### 4.3 Produção do concreto, moldagem e cura dos corpos de prova

Foram confeccionadas duas famílias de concretos não estruturais como mostra a Tabela 05.

Tabela 5 - Nomenclatura, Traços e Proporções de agregados.

| Nomenclatura      | Traço      | Agregado Miúdo Natural | Agregado Miúdo – Concha Triturada | Agregado graúdo – Concha Natural |
|-------------------|------------|------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| <b>Família 01</b> | 1:1:1: 0,4 | 0%                     | 100%                              | 100%                             |
| <b>Família 02</b> | 1:2:3: 0,6 | 50%                    | 50%                               | 100%                             |

A ideia inicial seria que ambas famílias possuíssem o traço (1:2:3 a/c 0,6), também utilizado por Silva (2015) no trabalho intitulado: Substituição do agregado graúdo pelo resíduo da casca de marisco na produção de concreto não estrutural, buscando ampliar a pesquisa e para melhor efeito

comparativo das substituições realizadas, porém, ao confeccionar o traço com a utilização apenas de agregados reciclados, concha em formato natural e concha triturada, o concreto não apresentou a trabalhabilidade necessária. Isto foi percebido através da perda de consistência evidenciada durante a moldagem dos corpos de prova. Foi levantada a hipótese que os agregados reciclados tenham absorvido parte da água da mistura, o que expressa a necessidade da pré-molhagem dos mesmos com uma quantidade de água referente a somente 70% de sua absorção de água, como realizado por Leite (2001) e Carrijo (2005), porém, essa medida mostrou-se ineficaz para o agregado derivado do marisco.

Visando corrigir isso, foi realizado um estudo de dosagens experimental de traços avaliando a trabalhabilidade e estado final do concreto após a ruptura dos corpos de prova à idade de 7 dias. Nessa etapa foi descartada a possibilidade de utilização de aditivo para o alcance de uma consistência plástica por se tratar de um concreto não estrutural. Foram avaliados os traços 1:2:2 a/c 0,6 e 1:2:1 a/c 0,6, porém estes mostraram- se inadequados em ambos os critérios por apresentar trabalhabilidade menor que o necessário, e após a ruptura, manifestarem baixa aderência da pasta com os agregados graúdos (concha) e elevada porosidade. Esses critérios só foram atendidos pelo concreto com dosagem 1:1:1 a/c 0,40 como mostrado na Figura 10, o qual foi escolhido para a conclusão da pesquisa.

Figura 10 - Corpos de prova experimentais.



Fonte: Acervo Pessoal, 2020.

As dosagens dos concretos foram executadas com os materiais no estado natural, sem a utilização de aditivos e a substituição do agregado derivado da concha em relação ao agregado natural, foi feita em volume tomando como medida a padiola de madeira com dimensões (31,5x31,5x19,5cm). A mistura de ambas famílias de concretos foi realizada em betoneira de 150 L disponíveis no laboratório de materiais de construção do IFPE – Recife. Para o estudo das características dos concretos confeccionados foram moldados para cada família, 12 corpos de prova em formas cilíndricas de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura de acordo com descrito na norma NBR 5738/2015. A cura dos corpos de prova foi realizada ao ar nas primeiras 24 horas e após o desmolde as réplicas foram mantidas em câmara úmida até alcançarem as idades necessárias à realização dos ensaios.

#### **4.4 Propriedades Analisadas**

Para efeito de comparação avaliou-se a influência do agregado reciclado da concha sobre as propriedades do

concreto no estado fresco segundo sua massa específica (NBR 9833/2008) e consistência (NBR NM 67/1998), e as propriedades do concreto no estado endurecido, conforme resistência à compressão (NBR 5739/2007), tração por compressão diametral (NBR 7222/2011) e Absorção e índice de vazios segundo a (NBR 9778/2005).

Silva (2015) produziu concretos não estruturais em duas famílias utilizando os traços 1:2:3 0,6, substituindo o agregado graúdo natural (Brita) pela concha do marisco na proporção de 100% na família 2 e obteve os resultados conforme a Tabela 6.

Tabela 6 - Resultados dos ensaios de Silva (2015)

| Nomenclatura              | Abatimento | Peso Específico        | Resistência à compressão (média) | Resistência à tração por compressão diametral (média) |
|---------------------------|------------|------------------------|----------------------------------|---|
| <b>Família 01 - Brita</b> | 120 mm     | 2,34 g/cm <sup>3</sup> | 19,11 MPa                        | 2,39 MPa  |
| <b>Família 02- Concha</b> | 100 mm     | 2,24 g/cm <sup>3</sup> | 10,22 MPa                        | 1,21 MPa  |

## 5. Resultados e discussões

As pesquisas realizadas sobre propriedades mecânicas de concretos que utilizam agregados reciclados mostram que existe a necessidade de um tratamento ao agregado reciclado antes da concretagem (Carrijo, 2005), em alguns casos a relação a/c é alterada, e a classe de resistência desses concretos também se altera, dificultando a comparação entre concretos convencionais e reciclados. No caso do resíduo de marisco houve essa necessidade apenas

para a família 01, que foi confeccionada com 100% de agregados derivados do marisco. A Tabela 7 mostra a proximidade entre as características dos agregados utilizados.

Tabela 7 - Propriedades dos agregados utilizados

| Agregado              | Massa Unitária (g/cm <sup>3</sup> ) | Dimensão Máxima Característica(mm) | Módulo de Finura |
|-----------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------|
| <b>Miúdo Natural</b>  | 1,550                               | 4,8                                | 2,40             |
| <b>Miúdo Concha</b>   | 1,408                               | 4,8                                | 2,70             |
| <b>Graúdo Natural</b> | 1,450                               | 19                                 | 6,27             |
| <b>Graúdo Concha</b>  | 0,770                               | 19                                 | 6,99             |

Percebe-se que o valor para massa unitária calculada no estado solto do agregado graúdo proveniente da concha, representa metade do valor da massa unitária do agregado comum, conduzindo a um menor valor de massa específica para o concreto confeccionado. Quanto aos agregados miúdos, estes apresentam valores de módulo de finura, dimensão máxima característica e massa unitária muito próximos, conforme já era esperado.

A Tabela 8 mostra os resultados obtidos para o concreto não estrutural do ensaio de abatimento (*slump test*) realizado conforme ABNT NM 67/1998. Por ter sido produzido com materiais reciclados, era esperada uma diminuição na consistência devido à forma irregular e a alta

taxa de absorção apresentada pelos agregados utilizados visto que segundo HELENE; TERZIAN (1993) a trabalhabilidade do concreto é influenciada por fatores tais como, relação água/materiais secos, tipo, tamanho, textura e forma dos grãos utilizados.

Tabela 8 - Resultados dos ensaios no concreto fresco.

| Nomenclatura             | Abatimento | Massa específica       |
|--------------------------|------------|------------------------|
| <b>Família 1 – 1:1:1</b> | 80 mm      | 2,13 g/cm <sup>3</sup> |
| <b>Família 2 – 1:2:3</b> | 50 mm      | 2,21 g/cm <sup>3</sup> |

No que diz respeito à massa específica do concreto no estado fresco, verificou-se uma diminuição deste parâmetro com o aumento do teor de substituição dos agregados reciclados, haja vista a diferença de massa unitária apresentada pelos agregados natural e reciclado. Os resultados obtidos para consistência no estado fresco, relacionados às famílias 1 e 2, 80 e 50mm, respectivamente, quando avaliados segundo a NBR 8953/2015 estes se adequam na classe S50, que recomenda que sejam aplicados em alguns tipos de pavimentos e em elementos de fundação.

A partir do ensaio de resistência à compressão axial executado segundo a norma NBR 5739/2007 como mostrado na Figura 11. Nesse trabalho foram avaliados 6 corpos de prova para cada família, nos quais cada exemplar possuía a idade de 28 dias, obtendo-se os resultados conforme a Tabela 9.

Figura 11: Ensaio de Compressão axial.



Fonte: Acervo Pessoal, 2020.

Tabela 9: Resistência a compressão axial.

| Nomenclatura | Média (MPa) | Desvio Padrão (MPa) | Coeficiente de Variação (%) |
|--------------|-------------|---------------------|-----------------------------|
| Família 1    | 24,91       | 1,206               | 4,8                         |
| Família 2    | 20,41       | 0,906               | 4,7                         |

Apesar do valor médio de resistência à compressão ter apresentado valores maiores ou iguais a 20 MPa, devemos observar através da NBR 7211/2005 que apenas os agregados de origem natural podem ser aplicados em concretos estruturais, dessa forma não se aplicam agregados obtidos de forma industrial ou agregados de materiais reciclados.

Com isso, os resultados analisados segundo a norma NBR 8953/2015, que classifica concretos com resistência abaixo dos 20 MPa como não estruturais e recomenda que caso esses concretos sejam utilizados, estes, devem ter seu desempenho atendido conforme ABNT NBR 6118/2014 (Projeto de estruturas de concreto – Procedimento) e ABNT

NBR 12655 (Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento) tornando esse concreto apto a ser utilizado como não estrutural.

Foram analisadas 3 amostras com idades de 28 dias por família conforme a NBR 7222/2011 e verificou-se a resistência à tração por compressão diametral segundo a Tabela 10.

Tabela 10: Resistência a Tração por Compressão Diametral.

| Nomenclatura | Resistência à Tração - média (MPa) | Carga de Ruptura | Desvio Padrão | Coeficiente de Variação (%) |
|--------------|------------------------------------|------------------|---------------|-----------------------------|
| Família 1    | 2,766                              | 8861             | 0,0076        | 8,84                        |
| Família 2    | 2,462                              | 7886             | 0,0142        | 18,08                       |

Diante disso, sabe-se através da NBR 6118/2014 que a relação que compara valores de resistência média à tração com a resistência média à compressão de um concreto é cerca de 10%, podendo variar conforme características do traço e dos materiais utilizados na confecção do concreto. Dessa forma, os valores obtidos para as duas famílias estudadas que correspondem a 11,10% e 12,06% estão dentro dos limites esperados.

Após o rompimento diametral dos corpos de prova, percebeu-se, em todos os casos, a baixa aderência entre a pasta de cimento e o agregado graúdo reciclado (concha), e também a ruptura no agregado graúdo derivado da concha, comprovando a menor resistência destes em comparação com a pasta, como visto na Figura 12. Esse resultado era previsto, pois a superfície da concha é pouco rugosa, bastante regular e menos resistente quando comparada com o agregado graúdo natural (brita).

Figura 12 - Corpo de Prova Rompido Diametralmente.



Fonte: Acervo Pessoal, 2020.

A Tabela 11, mostra a média dos resultados do ensaio de absorção por imersão e índice de vazios realizados segundo a NBR 9778/2005 no concreto na idade de 45 dias.

Tabela 11 - Valores médios absorção e índice de vazios

| Nomenclatura      | Absorção por<br>Imersão (%) | Índice de Vazios<br>(%) |
|-------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Família 1 – 1:1:1 | 6,33                        | 11,63                   |
| Família 2 – 1:2:3 | 4,77                        | 9,07                    |

Pode-se observar que o concreto composto apenas por agregados derivados da concha possui maior porosidade mesmo tendo sido confeccionado com uma menor relação a/c, demonstrando que os agregados reciclados influíram negativamente na porosidade do compósito. Este fato torna-se significativo visto que a porosidade está intimamente relacionada com a durabilidade do concreto.

## **6. CONCLUSÕES**

A análise dos resultados possibilitou as seguintes conclusões:

Segundo a caracterização, os agregados reciclados apesar de apresentar granulometria semelhante, possuem massa unitária menor o que refletiu num menor valor para massa específica e num aumento da porosidade do concreto com eles confeccionado.

No ensaio de resistência à compressão axial, nas amostras da família 2, o valor médio de 20,41MPa mostrou-se próximo ao valor médio obtido nas amostras de referência com brita 19,11 MPa, e acima dos valores com concha substituindo apenas o agregado graúdo, 11,22 MPa, confeccionados por (SILVA, 2015).

Na comparação entre as famílias 1 e 2, apesar de serem traços distintos, ambas tiverem resultados médios de resistência à compressão acima dos 20 MPa, valor próximo ao limite para concreto não estrutural, visto que o mesmo se enquadra nos valores médios de resistência utilizados nas obras, tornando-se interessante para ser utilizado em serviços de residências unifamiliares, ou seja, solicitações moderadas.

O ensaio de resistência à tração por compressão diametral apresentou-se próximo a média obtida para a família 02, 2,26 MPa comparando-as com o valor médio obtido nas amostras de referência com brita 2,39 MPa, e acima dos valores com concha, substituindo apenas o agregado graúdo, 1,21 MPa, confeccionados por (SILVA, 2015).

A utilização de agregados graúdos e miúdos menos densos que os naturais, ocasionou resultados inferiores para

resistências à tração por compressão diametral, visto que o agregado se torna o componente mais fraco, limitando a resistência do concreto.

Os ensaios realizados no estado fresco para as famílias 2 revelaram a baixa coesão e a tendência à segregação apresentada pelos concretos confeccionados de agregados derivados da casca do marisco, em relação aos concretos de referência confeccionados por (SILVA, 2015). Já para a família 1, a substituição do agregado miúdo natural pelo reciclado contribuiu para um menor abatimento do concreto, este resultado também está relacionado com a diminuição da relação a/c.

A pesquisa revelou, que é possível substituir o agregado graúdo (brita) e também o agregado miúdo (areia natural) pela concha de marisco *in natura* e pela concha triturada, respectivamente, na produção de concreto não estrutural, podendo este ser utilizado em composição de camadas de proteção, enchimentos de camadas, base de blocos, lastros, contrapisos e peças pré-moldadas de baixa solicitação.

A proposta do estudo foi atendida pela família 1 e 2, a qual apresentou resultados aceitáveis dentro da funcionalidade do concreto não estrutural. Dessa forma, comunidades pesqueiras que tenham acesso a grandes quantidades desse resíduo podem aplicá-lo em suas moradias, o que demonstra grande importância não só do ponto de vista ambiental, mas também, contribui para a redução de custos de materiais utilizados na construção civil.

Apesar disso, sugere-se a realização de pesquisas dentro desse tema, as quais venham certificar e complementar esse estudo, ampliando as análises dos agregados, como também dos concretos confeccionados.

Sugerem-se ainda estudos que avaliem os custos do emprego desse resíduo em comparação com o concreto convencional, verificando assim a viabilidade econômica dessa substituição.

## **Referências**

**Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP.** São Paulo, 2015.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT.** NBR NM 67/1998. **Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 1998.

\_\_\_\_\_. NBR NM 248. **Agregados - Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. NBR 5738. **Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** Rio de Janeiro, 2015.

\_\_\_\_\_. NBR 5739. **Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2007.

\_\_\_\_\_. NBR 6118. **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.** Rio de Janeiro, 2014.

\_\_\_\_\_. NBR 7211 - **Agregados para concreto.** Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. NBR 7222. **Concreto e argamassa - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_\_. NBR 8953 **Concreto para fins estruturais -**

**Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência.** Rio de Janeiro, 2015.

\_\_\_\_\_. NBR 9778 **Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica.** Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. NBR 9833. **Agregados - Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. NBR 12655 **Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento.** Rio de Janeiro, 2015.

BRASIL, LEI nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, Diário Oficial da União 13/02/1998, P. 1 Disponível em:

<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm)>. Acesso em: 20 ago. 2016.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA, **RESOLUÇÃO CONAMA nº 303**, de 20 de março de 2002 Publicada no DOU no 90, de 13 de maio de 2002, Seção 1,página 68

CARRIJO, Priscila Meireles. **Análise da influência da massa específica de agregados graúdos provenientes de resíduos de construção e demolição no desempenho mecânico do concreto.** São Paulo: USP, 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola Politécnica da USP, Universidade de São Paulo, 2005.

**FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE - FIDEM Levantamento preliminar da situação dos municípios componentes da região metropolitana do Recife.** Itamaracá. Recife:

FIDEM , 1975. 132 p.

GOOGLE. Google Earth. Version 7.1.7. 2016. **Praia do Capitão, Mangue Seco - PE**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/search/mangue+seco+google+earth/@-7.8355302,-34.8509206,15.46z>>. Acesso em: 3 Jun. 2016.

HELENE, Paulo; TERZIAN, Paulo. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: Pini; Brasília: SENAI, 1993. 349p.

LEITE, M. B. **Avaliação de propriedade mecânicas de concretos produzidos com agregados de resíduos de construção e demolição**. Tese de Doutorado. UFRGS. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, 2001.

PETRUCCI, E. G. R. **Concreto de cimento Portland**. SP: Editora Globo. 2005. 14 ed.

Região metropolitana do Recife: plano de desenvolvimento integrado de Itamaracá. Recife: FIDEM, 1986, 317p. **Proteção das Áreas Estuarinas; série de Desenvolvimento e Meio Ambiente**. Recife: FIDEM, 1987 a, 4op.

SILVA, Ana Izabella Melo da. **Avaliação do reaproveitamento da concha do marisco como agregado graúdo na produção de concreto não estrutural**. TCC (Curso de graduação em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

SILVA, Marcelo Teixeira da. **Utilização da concha de marisco na indústria de argamassa**. 2013. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia Ambiental) – Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP, 2013. 101p. Dissertação Mestrado em Tecnologia Ambiental.

**TENÓRIO. H. C. L. Reaproveitamento de Conchas de Mariscos e Resíduos da Construção Civil em Alagoas.** Cadernos de Graduação: Ciências Exatas e Tecnológicas. V1. N1. Maceió, 2014.

VALENTI, Wagner. POLI, Carlos R. PEREIRA, José A. BORGHETT, José R, **Aquicultura no Brasil:** bases para um desenvolvimento sustentável. Ed.CNPq / Ministério da Ciência e Tecnologia , Brasília, 2000.

## CAPÍTULO 5

# REAPROVEITAMENTO DA CONCHA DE MARISCO COMO AGREGADOS EM ARGAMASSAS E CONCRETOS NÃO ESTRUTURAIS

*Reuse of Clashell as Coarse Aggregate in the Mortar  
and Non-Structural Concrete*

(1) MOTA, João Manoel de Freitas; (2) SILVA, Ronaldo Faustino da ; (3) MORAES, Yuri Barros Lima; (4) COSTA, Angelo Just; (5) SANTOS, André Miranda dos.

(1) Professor Doutor, Departamento de Infraestrutura e Construção Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco

(2) Professor Doutor, Departamento de Infraestrutura e Construção Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco

(3) Professor Mestre, Departamento de Infraestrutura e Construção Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.

(4) Professor Doutor, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco

(5) Mestre, Departamento de Infraestrutura e Construção Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco

Av. Professor. Luís Freire, 500 - Cidade Universitária, Recife - PE, 50740-540

## **RESUMO**

Ao longo dos anos, os agentes envolvidos na indústria da construção civil vêm procurando meios de reduzir os impactos ambientais envolvidos na sua atividades, tanto pela elevada geração de resíduos como pelo uso de materiais naturais e finitos. Por outro lado, existem diversos materiais empregados em outras indústrias que, após o seu uso inicial, acabam sendo descartados de forma irregular e aleatória. Exemplo disso vem da maricultura da espécie anomalocardia brasiliiana, que são as conchas originadas da separação de ostras (molusco) vendidas em todo o litoral do país. O seu descarte, via de regra, é efetuado sem qualquer tipo de controle, o que gera enorme transtorno para os vendedores e moradores das localidades. Assim, o presente trabalho tem como objetivo a reutilização desse resíduo como agregado (miúdo e graúdo) em compósitos como argamassas (contrapiso) e concretos, por substituição parcial ou total. Foram realizadas análises de propriedades utilizando na mistura a casca do marisco nas formas, a saber: (i) como agregado miúdo (triturando), substituindo a areia em argamassas para contra piso; (ii) como agregado graúdo (forma natural), substituindo a brita em concreto não estrutural, além das amostras de referência, sem substituição. Foram moldados corpos de prova cilíndricos de (5x10)cm, para argamassas, e de (10x20)cm, para os concretos, todos no Laboratório de Materiais de Construção do IFPE - Campos Recife. Foram avaliadas propriedades mecânicas (resistência à compressão, tração por compressão diametral, módulo de elasticidade dinâmico), e também relacionadas com durabilidade (ensaios acelerados aos 28 dias e 90 dias de absorção por imersão total e capilaridade).

Os resultados obtidos apresentaram níveis aceitáveis desse resíduo em substituição aos agregados naturais, compatíveis com a literatura existente, indicando potencial de uso desses compostos para algumas finalidades.

**Palavras-chave:** *concreto, argamassa, resíduos, concha de mariscos.*

## **1. INTRODUÇÃO**

O crescimento da população e a busca pelo desenvolvimento econômico trazem consigo o aumento do consumo de recursos naturais com proporções importantes. A intervenção desenfreada do homem na natureza vem modificando as condições do meio ambiente e produzindo cada vez mais resíduos. Diante dessa problemática, surge a necessidade de analisar alternativas para a utilização destes resíduos que estão se acumulando e gerando desequilíbrio ambiental.

O litoral norte do estado de Pernambuco também possui importância para a maricultura extrativista, especialmente no Canal de Santa Cruz, uma vasta área de manguezais que cobre cerca de 1220 ha e separa a Ilha de Itamaracá do continente. As águas marinhas dessa região possuem condições favoráveis ao cultivo de moluscos, devido à elevada carga de matéria orgânica em suspensão, por ser próximo a manguezais, e facilidades geológicas da região. A pesca do marisco *Anomalocardia brasiliiana* é uma atividade tradicional no litoral norte de Pernambuco, onde diversas famílias realizam uma atividade de subsistência expressa pela extração artesanal deste molusco ao longo da costa, sobretudo nos municípios de Goiana, Igarassu e Itapissuma, onde, no ano de 2006, foram registrados 17,7% da captura de

pescado no Estado, dentre os quais se destacam os mariscos com 2.475,3 t (CEPENE, 2008).

Este bivalve está amplamente distribuído ao longo de toda a costa brasileira, habitando áreas protegidas da ação de ondas e de correntes, ocorre tanto na faixa entremarés como no infra litoral raso em substrato lodoso ou areno-lodoso (RODRIGUES et al., 2010). *Anomalocardia brasiliiana*, por ser uma espécie eurialina e euritérmica, pode ser considerada uma espécie rústica, possuindo ampla distribuição geográfica (ARAÚJO; NUNES, 2006; LIMA et al., 2009). A pesca do marisco, devido ao seu beneficiamento, que consiste em aquecer o produto em um recipiente e em seguida bater em uma peneira para facilitar o descasque, produz resíduos que causam grandes impactos ambientais, tais como: poluição visual, assoreamento de rios e mangues, odores desagradáveis e problemas de higiene e saúde pela falta de controle sanitário (EL-DEIR, 2009). De toda a quantidade de marisco produzida, apenas 20% é consumida na forma alimentar, sendo 80% constituída de casca, e esta é composta por 95% de carbonato de cálcio, o restante é matéria orgânica e outros compostos (EPAGRI, 2007).

A origem calcária decorrente da sua formação e lhe proporciona um comportamento hidráulico e mecânico potencialmente interessante para uso como componente de compósitos cimentícios, o que motivou a realização do presente estudo experimental, em laboratório. O trabalho contemplou a substituição parcial do agregado natural por resíduos das conchas em argamassas de contrapiso e em concretos não estruturais.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1 Lavagem das conchas**

Após a coleta, as conchas passaram por um processo inicial de secagem e lavagem simples, ficando exposta por um período mínimo de seis meses à ação de intempéries (sol e chuva). Concluída essa etapa, as conchas foram submetidas a outro processo de lavagem, no qual as quantidades utilizadas na dosagem foram colocadas em uma betoneira por partes, submetidas a ciclos de lavagens com água potável, com duração de 25 minutos cada, para remoção de impurezas. Ao término do 4º ciclo percebeu-se que a água, após a lavagem, possuía a coloração clara, semelhante àquela inicialmente inserida, indicando a conclusão do processo de lavagem (Silva, 2016). Em seguida, as conchas foram dispostas em lona plástica para secagem por um período de mais 7 dias.

### **2.2 Moagem das conchas para produção das argamassas**

Com o objetivo inicial em diminuir o tamanho das partículas para atender a uma granulometria de areia média e grossa, que conforme a ABNT NBR 6502/1995 varia de 0,2 mm a 2,0 mm, as conchas foram colocadas num triturador de mandíbulas usado para moagem rápida e cuidadosa. Toda a etapa de moagem com o triturador foi realizada no museu de Minerais e Rochas da UFPE – Universidade Federal de Pernambuco. Após esse processo, ainda foi usado o soquete de 2,5 kg com o cilindro Proctor normal para atingir a granulometria ideal para areia média e grossa a serem utilizadas na argamassa (Figura 1).

Figura 1: Soquete e Cilindro Proctor Normal.



Fonte: Acervo pessoal, 2020.

### **2.3 Produção da argamassa, moldagem e cura dos corpos de prova**

Esta etapa compreendeu a preparação da argamassa de contrapiso, a partir do traço de referência 1:4 (cimento: areia), em volume, relação água/cimento 0,70, e percentuais de incorporação das conchas já trituradas conforme a Tabela 1. Para a produção da argamassa foi utilizado um misturador mecânico, e recipientes plásticos para a dosagem volumétrica.

Para cada traço foram moldados 09 corpos de prova cilíndricos de (5 x10)cm, de acordo com a ABNT NBR 7215/1996, sendo 6 (seis) corpos de prova destinados ao ensaio de resistência a compressão axial, 2 (dois) para ensaio de resistência à tração por compressão diametral e 1 (um) para ensaio de determinação de absorção de água e módulo de elasticidade, totalizando 27 corpos de prova.

As Famílias das argamassas produzidas para o estudo tiveram traços 1:4 (cimento, agregado miúdo), sendo o traço “T1, com 100% de areia natural”; traço “T2, 50% de agregado miúdo areia natural e 50% concha triturada como agregado miúdo; traço “T3, 100% de agregado miúdo da concha”.

## **2.4 Produção do concreto, moldagem e cura dos corpos de prova**

A moldagem e cura dos corpos de prova foram efetuadas de acordo com a NBR 5738/2015. Para obter parâmetros comparativos, optou-se pela utilização de 2 traços com diferentes relações água/cimento (0,5 e 0,6), e proporções de agregados, a saber:

- Família 1, 1:2:3:0,6 (cimento, areia, 100% brita como agregado graúdo, relação água cimento);
- Família 2, idem à Família 1 sendo 100% de concha como agregado graúdo;
- Família 3, 1:4:4:0,5 (cimento, areia, 100% brita como agregado graúdo, relação água cimento);
- Família 4, idem à Família 3 sendo 100% de concha como agregado graúdo.

Houve um total de 8 famílias, sendo em todos casos abatimento semelhante, na ordem de (120 $\pm$ 20) mm. Foram moldadas 18 amostras (10x20) cm para cada família estudada, as quais permaneceram em câmara úmida até as idades dos ensaios.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Argamassas à base de marisco triturado**

O ensaio de resistência à compressão axial (tabela 1) foi realizado de acordo com a NBR 13279/2005, para o qual foram analisados 6 corpos de prova de cada família. De acordo com os parâmetros da NBR 13281:2005, os resultados das famílias 1,2 e 3 se caracterizam como argamassa, classe P4.

**Tabela 1.** Resultados Ensaio de Resistência à Compressão axial.

#### **Resistência à Compressão Axial**

**Idade: 28 dias**

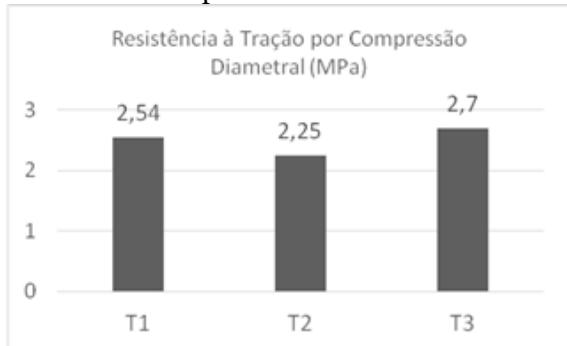
| Família T1 |      |      | Família T2 |      |      | Família T3 |      |      |
|------------|------|------|------------|------|------|------------|------|------|
| M          | SD   | CV   | M          | SD   | CV   | M          | SD   | CV   |
| 4,37       | 0,24 | 5,49 | 5,00       | 0,25 | 5,00 | 5,16       | 0,33 | 6,39 |

M – média; SD – desvio padrão (MPa); CV – coeficiente de variação (%).

A argamassa composta por cimento e conchas apresentou resistência à compressão média maior que as demais amostras. LAWRENCE, CYR e RINGOT (2004) afirmam que o  $\text{CaCO}_3$  reage com o  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  e com  $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  do cimento, produzindo  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$  (carboaluminato). Além disso, o  $\text{CaCO}_3$  pode ativar a hidratação do cimento atuando como pontos de nucleação e incorporando-se parcialmente na fase C-S-H (silicatos de cálcio hidratados).

Conforme a NBR 7222/2010 foi realizado o ensaio de resistência à tração por compressão diametral (figura 2), onde nesse caso foram analisados 2 corpos de prova de cada família.

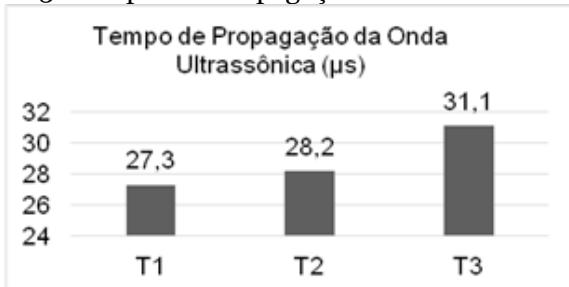
**Figura 2: Resultados Ensaio de Resistência à Tração por Compressão Diametral.**



Fonte: Acervo pessoal, 2020.

Baseado na norma 8802:2013, foi realizado o ensaio para definição do módulo de elasticidade dinâmico, através da determinação da velocidade de propagação da onda ultrassônica (figuras 3 e 4). Para isso foi utilizado o equipamento PUNDIT (Portable Ultrasonic Non-destructive Digital Tester). O aparelho no modo de transmissão direta indica o tempo em  $\mu\text{s}$  que a onda ultrassônica leva para percorrer a distância “d” conforme mostra a Figura 6.

**Figura 3: Tempos de Propagação da onda Ultrassônica.**



Fonte: Acervo pessoal, 2020.

Figura 4: Modulo de Elasticidade Dinâmico.



Fonte: Acervo pessoal, 2020.

O ensaio de absorção de água por imersão foi realizado de acordo com a NBR 9778/2005. Com base nos resultados obtidos (figura 5) foi possível notar que, com a substituição total da areia por concha de marisco, a amostra da família T3 apresentou percentual de absorção de água numericamente um pouco maior que as demais famílias. Isso pode ser justificado, devido a maior porosidade da argamassa, tendo a concha como agregado miúdo, e também devido a pouca aderência desse agregado com a pasta de cimento.

Figura 5: absorção de água por imersão.



Fonte: Acervo pessoal, 2020.

### **3.2 Concreto não estrutural**

Para execução dos ensaios de resistência à compressão axial e resistência à tração por compressão diametral, foi utilizada uma prensa elétrica automática servo-controlada, com capacidade nominal de 200 tf. As idades dos corpos de prova foram determinadas diante das possibilidades operacionais (acima de 28 dias). Foram avaliados 12 corpos de prova para cada família. Segundo a NBR 6118/2014.

Os resultados das famílias se caracterizam como concreto estrutural, tendo os seguintes valores:

- Família 1: 19,1 MPa;
- Família 2: 10,2 MPa;
- Família 3: 8,8 MPa;
- Família 4: 4,6 MPa.

Conforme a NBR 7222:2011 verificou-se a resistência à tração por compressão diametral. Para este ensaio foram analisadas 3 amostras por família. Os resultados do ensaio de tração por compressão diametral indicaram redução da resistência bastante significativa para as amostras com conchas em substituição à brita.

Os ensaios de módulo de elasticidade dinâmico foram efetuados a partir da determinação da velocidade de propagação da onda ultrassônica. Para isso foi utilizado o equipamento PUNDIT (aparelho de ultrassom digital) em 3 corpos de prova de cada família.

## **4. CONCLUSÃO**

O estudo apresentado teve como objetivo principal investigar a possibilidade de emprego dos resíduos das conchas como componentes de compósitos cimentícios não estruturais, com vistas à redução na disposição irregular e descontrolada desse material nas comunidades que o utilizam como fonte de geração de renda.

Os resultados obtidos na pesquisa evidenciaram o potencial de uso do resíduo de conchas de marisco como substituição parcial de agregados miúdos para argamassas de contrapiso, e também para concreto sem função estrutural. Importante destacar que o estudo se limitou a um tipo específico de marisco, com quantidade reduzida de amostras, contudo os valores encontrados indicaram a sugestão na continuidade de estudos com esse material para os empregos citados.

A eventual viabilização técnica para o emprego desses resíduos pode contribuir para mitigar o impacto ambiental local, bem como servir, até mesmo, como uma fonte secundária de renda para comunidade de pescadores, promovendo benefício social e econômico.

## **REFERÊNCIAS**

ARAÚJO, C. M. Y.; NUNES, C. G. **A guideline to molluscan bivalve reproductivestudies in brazilian marine management areas.** In: INTERNATIONAL COASTAL SYMPOSIUM, 8, 2006, Itajaí. Proceedings... Itajaí: Coastal Education & Research Foundation, 2006. p. 945-948.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - **ABNT. NBR 5738.** Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

**ABNT. NBR 5739.** Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

**ABNT. NBR 6118.** Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

**ABNT NBR 6502:** Rochas e Solos. Rio de Janeiro, 1995.

**ABNT. NBR 7222.** Concreto e argamassa - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.

**ABNT NBR 8802:** Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica. Rio de Janeiro, 2013.

**ABNT NBR 13279:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 1995.

**ABNT NBR 13281:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

CENTRO DE PESQUISA E GESTÃO DE RECURSOS PESQUEIROS DO LITORAL NORDESTE - CEPENE. **Boletim da estatística da pesca marítima e estuarina do Nordeste do Brasil - 2006.** Tamandaré, PE: CEPENE, 2008. 385 p.

EL-DEIR, S. G. **Estudo da mariscagem Anomalocardia Brasiliana** (Mollusca: Bivalvia) nos bancos de Coroa do avião, Ramalho Mangue Seco (Igarassu, Pernambuco, Brasil). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009. 123p. Tese Doutorado.

EPAGRI.Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural do Estado de Santa Catarina. **Estudo da Viabilidade Técnica, econômica e financeira de implantação de unidade de beneficiamento de mexilhão.**2007.

LIMA, M. A.; SOARES, M. O.; PAIVA, C. C.; OSÓRIO, F. M.; PORFÍRIO, A. F.; MATTHEWS-CASCON, H. **Osmorregulação em moluscos: o** caso do bivalve estuarino tropical *Anomalocardia brasiliiana* (Mollusca: Bivalvia). Conexões – Ciência e Tecnologia, Fortaleza, v. 5, n. 3, p. 79-84, 2009.

LAWRENCE, Philipp; CYR, Martin; RINGOT, Erick. **Mineral admixtures in mortar effect of type, amount and fineness of fine constituents on compressive strength.** Cement and Concrete Research, Toulouse, France, 14 p., 2004.

RODRIGUES, A. M. L.; AZEVEDO, C. B.; SILVA, G. H. G. **Aspectos da biologia e ecologia do molusco bivalve Anomalocardia brasiliiana** (Gmelin, 1791) (Veneridae). Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v. 8, n. 4, p. 377-383, 2010.

SILVA, Ana Izabella Melo da; **Reaproveitamento da concha de marisco como agregado graúdo na produção de concreto não estrutural.** Anais do 58º Congresso Brasileiro do Concreto. Belo Horizonte, Minas Gerais, 2016.

## CAPÍTULO 6

# USO DA CONCHA DE MARISCO COMO AGREGADO MIÚDO NA PRODUÇÃO DE TIJOLO MACIÇO PRENSADO MANUALMENTE

*Using the evaluation seafood shell as little aggregate in  
production of manually pressed solid brick*

- (1) RODRIGUES, Anathyr Nazária; (2) MOTA, João Manoel de Freitas;  
(3) SILVA, Ronaldo Faustino;(4) SANTOS, André Miranda.

- (1) *Engenheira Civil, Instituto Federal de Educação,  
Ciência e Tecnologia de Pernambuco*  
(2) *Professor Doutor, Departamento de Infraestrutura e  
Construção Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia de Pernambuco*  
(3) *Professor Doutor, Departamento de Infraestrutura e  
Construção Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia de Pernambuco*  
(4) *Mestre, Departamento de Infraestrutura e Construção  
Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de  
Pernambuco*

*Av. Professor. Luís Freire, 500 - Cidade Universitária, Recife -  
PE, 50740-540*

## **Resumo**

A maricultura é uma classe de pesca artesanal exercida no litoral norte de Pernambuco, sendo responsável pela subsistência das comunidades pesqueiras e de significativa importância para a economia local. Após a extração da parte comercializável, as conchas de mariscos são depositadas na faixa de areia ou em terrenos baldios. Este descarte inadequado vem gerando uma série de impactos ambientais. Essa pesquisa tem o objetivo de dar um destino apropriado a esses rejeitos, a partir do seu reaproveitamento como agregado miúdo na produção de tijolos maciços prensados manualmente. Para fins de análise e para uma mesma dosagem de cimento, agregado miúdo e água, foram moldados corpos de prova definidos em Famílias, T1, T2 e T3, com diferentes proporções de incorporação das conchas em substituição ao agregado miúdo. Foram confeccionadas amostras para análise do comportamento mecânico das dosagens, tais como: ensaios de resistência à compressão axial, módulo de elasticidade e absorção de água por imersão, todos os corpos de prova moldados segundo a normatização vigente. Os resultados demonstraram que tijolos moldados com adição da concha de marisco, em substituição ao agregado natural, apresentaram resultados aceitáveis havendo um aumento na resistência à compressão quando comparado à família de referência, o que torna viável a utilização desse resíduo como agregado miúdo na composição de tijolos.

**Palavra-Chave:** *Maricultura; Conchas de Marisco, Tijolos.*

## **1. INTRODUÇÃO**

No litoral brasileiro a pesca de moluscos é uma atividade bastante disseminada que se destaca com grande importância econômica, histórica, social e cultural, mas ao mesmo tempo tem causado impactos ambientais nos manguezais. Os recursos pesqueiros marinhos e estuarinos do Nordeste brasileiro têm sido considerados de vital importância para promoção do desenvolvimento integrado da Região, principalmente como meio de subsistência e fonte alimentar para as populações ribeirinhas e servindo de matéria-prima para indústrias de pesca (CASTRO, 1997).

O molusco *Anomalocardia brasiliiana* está presente em toda a costa brasileira. Silva (2007) destacou o estado de Santa Catarina no Brasil como o segundo maior produtor de moluscos bivalves da América Latina. O termo marisco compreende uma grande variedade de animais marinhos caracterizados por possuírem uma concha rígida, geralmente situada no exterior do corpo; são os moluscos e crustáceos. Os moluscos compreendem os bivalves, dotados de duas valvas ou conchas articuladas sobre uma chancela (WOOD, 1975). Lovatelli (2002) apud Bispo et al. (2004) indicam que em 2002, os bivalves representaram mais de 8% do total da produção da indústria pesqueira mundial.

Em 2006 a coleta de marisco no litoral pernambucano foi responsável por 17,7% da produção pesqueira estadual, com destaque para os municípios de Goiana, Itapissuma e Igarassu (CEPENE, 2008). A extração do marisco representa uma fonte tradicional de alimento e renda para os pescadores.

O resíduo gerado no beneficiamento deste molusco vem provocando um grande problema ambiental, pois o

descarte se dá logo após a retirada dos moluscos capturados, no próprio local de beneficiamento, nas margens do manguezal, ou nas suas proximidades. Segundo Lima et al. (2007) quando o beneficiamento é realizado em locais próximos a extração, as conchas são deixadas no local em montanhas que se sobrepõem, causando consequentemente impacto ao meio ambiente, conforme ilustra a Figura 1.

Figura 1: Depósito de conchas na praia do Capitão.



Fonte: RÊGO et al., 2016.

Na Coreia do Sul a geração anual de cascas de ostras e mexilhões ultrapassa 300.000 toneladas causando um problema grave de geração de resíduos. Diante da importância econômica da atividade para o país, o governo incentiva pesquisadores para buscarem soluções técnicas viáveis para a reciclagem desses resíduos (YOON; YOON; CHAE, 2009).

As conchas do molusco bivalves possuem como principal constituinte o carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Esse material pode ser utilizado na agricultura, indústria, artesanato, dentre outras alternativas (CHIERIGHINI et al.,

2011). Boicko et al. (2007) afirma que o carbonato de cálcio pode ser usado em diversos processos produtivos, tais como construção de estradas, pasta de papel, mármore compacto para pavimentos e revestimento, adubos e pesticidas, rações, indústria da cerâmica, tijolos, tintas, espumas de polietileno, talcos, vidros, cimentos, vernizes e borrachas, impermeabilizantes de lagoas, correção de solos, medicamentos, carga de polímeros, entre outros. Também pode-se dizer que, devido ao carbonato de cálcio, as conchas podem ser utilizadas na indústria farmacêutica, de papel, como também na produção de medicamentos indicados na reposição de cálcio e para corrigir problemas de osteoporose (PEDROSA; COZOLLINO, 2001).

Os resíduos da maricultura vêm sendo utilizados empiricamente nas construções vernaculares. É possível encontrá-los incorporados nas argamassas, usados como revestimento, ou na execução de contrapisos. Segundo Rego Neto e Batista (2014), a utilização da casca do marisco possibilitaria a diminuição da utilização da areia em construções, pois o resíduo triturado, que é constituído de cálcio, apresenta maior resistência dos materiais e tem poder de absorção de menos água podendo contribuir na diminuição dos custos na construção. Rêgo et al. (2016) realizou um estudo e comprovou que as conchas de marisco podem ser utilizadas em substituição a areia na produção de argamassa de piso gerando uma economia de 30% na produção de argamassa para piso.

As conchas incluem no mínimo três camadas, uma orgânica e duas calcárias. A mais externa das camadas consiste em proteínas associadas à quitina, 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; FOX; BARNES, 2005).

A NBR 7170/1983 define tijolo maciço como um tijolo que possui todas as faces plenas de material, podendo apresentar rebaixos de fabricação em uma das faces de maior área. No tocante à resistência, à compressão mínima, a NBR 7170/1983 classifica os tijolos maciços em A, B e C, cujos valores mínimos devem ser de 1,5 Mpa, 2,5 Mpa e 4,0 Mpa, respectivamente, não sendo apresentados, neste caso, critérios de aceitação quanto à absorção de água.

## 2. Materiais e métodos

### 2.1 Localização da coleta dos mariscos

As conchas de mariscos foram coletadas na Praia do Capitão, popularmente conhecida como Mangue Seco, no Município de Igarassu/PE, Região Metropolitana do Recife, representado na figura 2. A praia possui cerca de 1500 metros de extensão e no local é possível encontrar as conchas acumuladas ao longo da costa.

Figura 2: Depósito de conchas na praia do Capitão.



Fonte: Google Maps, 2017.

Para a pesquisa foram utilizadas as conchas da espécie *Anomalocardia brasiliiana*, pertencentes à família Veneridae, conhecida popularmente no Brasil por marisco. (BOEHS et al., 2010). O cimento empregado na produção dos tijolos foi o CPIV-32 RS, um Cimento Portland Pozolânico e, por ser um dos mais utilizados, é facilmente encontrado no mercado. A areia utilizada na produção possui módulo de finura de 2,38 e diâmetro máximo de 4,75 mm. Para execução do ensaio utilizou-se água da Companhia Pernambucana de Saneamento. Para a moldagem dos tijolos utilizou-se chapas de madeiras plastificadas para a confecção das fôrmas.

## **2.2 Moagem das conchas**

Antes da moagem das conchas o material foi exposto ao sol por 6 meses e depois submetido a 4 ciclos de lavagens, com 25 minutos cada, em betoneira, para a eliminação da matéria orgânica e salinidade. Para atingir a faixa granulométrica ideal, as conchas foram trituradas com o auxílio de um soquete de Proctor de 4,5 Kg que é utilizado no ensaio de compactação. Após esta etapa, o material triturado foi passado na peneira de malha 4,8 mm e 0,05 mm para que se aproximasse da granulometria da areia natural, conforme ilustra a figura 03. As conchas trituradas que passaram na peneira 4,8 mm e ficaram retidas na 0,05 mm, sendo esta última para a eliminação da parte fina gerada após a Trituração, foram utilizadas para a produção dos tijolos.

Figura 3: Conchas trituradas após o peneiramento.



Fonte: Acervo pessoal, 2020.

### **2.3 Produção dos tijolos, moldagem e cura dos corpos de prova**

A produção dos tijolos, corpos de prova e ensaios foi realizada no laboratório de materiais de construção do IFPE Campus Recife.

Para a mistura dos materiais utilizou-se uma betoneira de 150 litros e o procedimento de dosagem se deu a partir de um processo volumétrico. A determinação da quantidade de água adicionada no traço foi governada em função da consistência desejada, a qual foi fixada em 200 mm +/- 10 mm. Conforme a NBR 13276/2016, foi preenchido um molde tronco-cônico com a argamassa fresca em três camadas sucessivas e aplicado em cada camada, respectivamente, 15, 10 e 5 golpes com o soquete, de maneira a distribuí-las uniformemente. Após a retirada do molde foram executados 30 golpes da mesa de consistência, conforme ilustra a figura 4. Esse procedimento foi repetido para cada família, justificando assim a diferença na relação água/cimento.

Figura 4: Ensaio de determinação do índice de consistência.



Fonte: Acervo pessoal, 2020.

Para fins de referência, o primeiro traço executado foi o da família de T1 que não possui adição de agregado miúdo gerado pelas conchas de marisco e que servirá de parâmetro para a avaliação das demais famílias após a substituição da areia natural pelo marisco, conforme a tabela 1. Em seguida foram preparados os traços das famílias T2 e T3 com as devidas incorporações de conchas.

Tabela 1: Traços das famílias estudadas.

| Famílias                                       | T.U.V. (cim.: areia: concha:<br>água/cim.) |
|--|--|
| <b>Família T1 (100 % areia)</b>                | 1 : 6 : 0 : 1,25                           |
| <b>Família T2 (50% areia / 50%<br/>concha)</b> | 1 : 3 : 3 : 1,19                           |
| <b>Família T3 (100 % concha)</b>               | 1 : 0 : 6 : 1,19                           |

Para cada família analisada foram produzidos 6 tijolos prismáticos, com dimensões de 200x 100 x 50 mm (C x L x A), sendo destinados ao ensaio de resistência à compressão axial, como pode ser observado na figura 5. Na confecção destes elementos foram usadas fôrmas de madeira plastificada, nas dimensões especificadas. Visando facilitar a retirada dos tijolos das fôrmas, as mesmas foram untadas com óleo mineral. Após essa fase os tijolos foram devidamente identificados e destinados à cura na câmara úmida.

Figura 5: Tijolos das famílias T1, T2 e T3.



Fonte: Acervo pessoal, 2020.

Também foram confeccionados corpos de prova cilíndricos, os quais após a retirada dos moldes, foram colocados na câmara úmida, permanecendo até a idade dos ensaios. Eles foram utilizados para realização do ensaio de absorção por imersão e determinação do módulo de elasticidade. Foi definida para o ensaio de módulo de elasticidade estático, a confecção de corpos de prova de 100

x 200 mm. Antes da realização desse ensaio, os corpos de prova foram retificados conforme especifica a NBR 5738/2015.

Após a cura, os tijolos prismáticos foram submetidos aos ensaios de resistência à compressão axial. Para a execução do ensaio tomou-se como referência o procedimento da NBR 6460/1983. Os tijolos foram cortados perpendicularmente à sua maior dimensão e superpostos as duas metades ligando-as com uma camada fina de pasta de cimento, conforme exibido na figura 6.

Figura 6: Preparação dos tijolos para o ensaio de resistência à compressão.



Fonte: Acervo pessoal, 2020.

Para determinação do resultado foram rompidos 6 corpos de prova por família, conforme exibido na figura 7. A resistência à compressão de cada família correspondeu à média aritmética das resistências individuais dos tijolos. A prensa utilizada para o ensaio foi uma servo-controlada com capacidade para 200 toneladas.

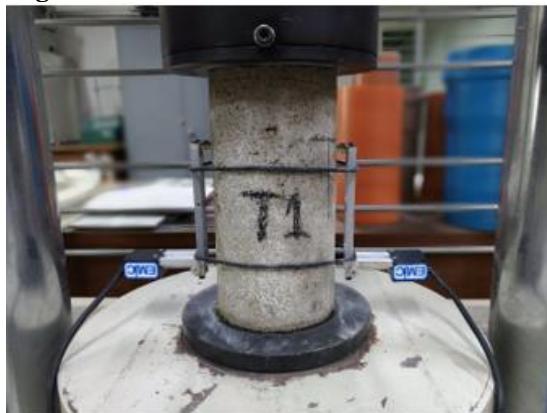
Figura 7: Tijolo rompido após a aplicação da carga axial.



Fonte: Acervo pessoal, 2020.

O ensaio de módulo de elasticidade foi executado conforme a NBR 8522:2008 e foi determinado pela declividade da curva tensão x deformação sob um carregamento uniaxial. Para a definição do módulo de elasticidade, os corpos de prova foram submetidos a um carregamento crescente à velocidade de  $(0,25 \pm 0,05)$  Mpa/s, até que seja alcançada uma tensão de aproximadamente 30% da resistência à compressão da argamassa ( $f_c$ ). Este nível de tensão é mantido por 60 segundos e em seguida, foi reduzida a carga, à mesma velocidade do processo de carregamento, até o nível da tensão básica que corresponde a 0,5 Mpa. Realizaram-se mais dois ciclos de carga e descarga, alternadamente, conforme mostra a figura 8.

Figura 8: Ensaio de módulo de elasticidade.



Fonte: Acervo pessoal, 2020.

Para a realização do ensaio de absorção por imersão, tomou-se como referência a NBR 9778/2005. Após a cura os corpos de prova os mesmos foram colocados na estufa para a secagem por 24 horas. Depois de secos foram pesados na balança de precisão e imersos em água na temperatura ambiente por um igual período para então serem pesados na condição saturada.

### 3. Resultados

#### 3.1 Densidade e índice de consistência

Tabela 2: Densidade e Índice de consistência.

| Nomenclatura                         | Densidade de massa<br>aparente<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | Índice de<br>consistência<br>(mm) |
|--------------------------------------|--|-----------------------------------|
| <b>Família T1</b>                    | 2,12   | 200                               |
| <b>Família T2</b>                    | 2,09   | 203                               |
| <b>Família T3 (100 %<br/>concha)</b> | 1,90   | 200                               |

A diferença na relação água/cimento nos traços das diversas famílias é justificada pelo abatimento que foi mantido, sendo necessária a diminuição da quantidade de água mediante a substituição da areia natural pelas conchas, conforme Tabela 2. Sabe-se que, não se usou aditivo tensoativos, devido à dificuldade da comunidade pesqueira utilizar esse material.

### **3.2 Ensaio de resistência à compressão axial**

Tabela 3: Resultado do ensaio de resistência à compressão axial.

| Família T1 |      |       | Família T2 |      |       | Família T3 |      |       |
|------------|------|-------|------------|------|-------|------------|------|-------|
| MPa        |      |       | MPa        |      |       | MPa        |      |       |
| M          | SD   | CV    | M          | SD   | CV    | M          | SD   | CV    |
| 6,91       | 1,08 | 15,70 | 11,76      | 1,25 | 10,64 | 8,44       | 1,25 | 14,81 |

M – média; SD – desvio padrão (Mpa); CV – coeficiente de variação (%)

Segundo a NBR 7170/1983 os tijolos produzidos atendem aos limites indicados de resistência mínima à compressão relacionados à categoria C que corresponde a 4 Mpa (Figura 10). Através da Tabela 3 pode-se constatar que a substituição total da areia pelas conchas de marisco, Família T3, proporciona um aumento na resistência à compressão de 22% em relação à Família T1 de referência. A Família T2 apresentou valores de resistência à compressão 70% maior que a família de referência, fato possivelmente relacionado com a dureza dos grãos de areia/ resíduos de concha.

Não obstante, Paes et al., (1999) e Angelim (2003), demonstraram que houve ganho de resistência mecânica (Tração e Compressão) em todos os traços utilizados com

adições de finos calcários (pó), em substituição a areia na argamassa mista (cimento e cal) de revestimento, quando comparados com a argamassa sem adição de pó calcário.

### 3.3 Absorção de água por imersão

Tabela 4 – Absorção de água por imersão.

| Famílias          | absorção de água (%) |
|-------------------|----------------------|
| <b>Família T1</b> | 11,69                |
| <b>Família T2</b> | 8,99                 |
| <b>Família T3</b> | 8,75                 |

Através dos resultados apresentados na Tabela 4, foi possível notar que, com a substituição total da areia por conchas de marisco, as Famílias T2 e T3 apresentaram percentuais de absorção de água menores que a família de referência (Figura 11). Isso pode ser justificado, devido a maior porosidade da argamassa tendo apenas a areia como agregado miúdo.

### 3.4 Módulo de elasticidade

Tabela 3: Resultado do ensaio de resistência à compressão axial.

| Família T1 |      |      | Família T2 |      |       | Família T3 |      |      |
|------------|------|------|------------|------|-------|------------|------|------|
| MPa        |      |      | MPa        |      |       | MPa        |      |      |
| M          | SD   | CV   | M          | SD   | CV    | M          | SD   | CV   |
| 15,90      | 1,20 | 7,55 | 17,55      | 3,75 | 16,63 | 15,65      | 0,95 | 6,07 |

M – média; SD – desvio padrão (MPa); CV – coeficiente de variação (%)

Os resultados do módulo de elasticidade mostraram patamares interessantes quando se usou a concha e o agregado natural juntos.

## 4 CONCLUSÕES

As análises dos resultados dos ensaios permitem refletir as seguintes conclusões. Os tijolos aos quais foram incorporadas as conchas de mariscos atenderam às especificações da NBR 7170/1983 no que diz respeito à resistência à compressão axial e apresentaram valores maiores quando relacionados à família de referência. Na família T<sub>2</sub> o aumento na resistência à compressão foi de 70,18% quando comparada a família T<sub>1</sub>. Pode-se atribuir esse resultado ao fato de que o cálcio das conchas pode contribuir com as reações de hidratação do cimento. O aumento na resistência à compressão da Família T<sub>2</sub> é justificada pelo incremento na resistência mecânica favorecida pela adição do carbonato de cálcio aliada a resistência mecânica dos grãos de areia.

O módulo de elasticidade, que indica a rigidez da argamassa no estado endurecido, mostrou-se satisfatório, onde o resultado da Família T<sub>2</sub>, com maior valor, pode ser justificado pelo fato dos grãos de sílica do agregado natural serem mais rígidos que o agregado proveniente das conchas de marisco.

Em relação ao ensaio de absorção por imersão, o valor da amostra da família T<sub>3</sub> mostrou-se numericamente menor que as demais famílias, alinhada com a menor densidade.

O custo x benefício do emprego das conchas como agregado foi favorável e em todas as dosagens estudadas houve economia em relação à família de referência. A Família T<sub>2</sub> mostrou-se 12,00 % mais econômica que a Família de referência. Já a substituição total da areia pelas conchas trituradas pode gerar uma economia de aproximadamente 23 % na produção dos tijolos. Ademais, avaliando com o

preço de mercado, pode-se dizer que o custo direto dos materiais do bloco é reduzido em 80% quando comparado com a Família T3.

Todo o processo de produção dos tijolos em estudo se deu de forma simples, podendo ser reproduzida facilmente pela comunidade pesqueira e utilizado na construção de suas próprias moradias. No entanto, para a confecção da maior quantidade é necessário que haja soluções técnicas para a Trituração das conchas em grande escala. Diante disso, o aproveitamento desse resíduo é viável no âmbito ambiental e na utilização como agregado miúdo na produção de tijolos para alvenaria de vedação.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT  
**NBR 5738:** Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

\_\_\_\_\_ **NBR 6460:** Tijolo maciço cerâmico para alvenaria - Verificação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1983.

\_\_\_\_\_ **NBR 7170:** Tijolo maciço cerâmico para alvenaria. Rio de Janeiro, 1983.

**NBR 8522:** Concreto - Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão. Rio de Janeiro, 2008.

\_\_\_\_\_ **NBR 9778:** Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_ **NBR 13276:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

ANGELIM, R. R.; ANGELIM, S. C. M.; CARASEK, H.

**Influência da adição de finos calcários, silicosos e argilosos na propriedades das argamassas e dos revestimentos.** V Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas – SBITA, São Paulo, 2003.

BISPO, E. S; SANTANA, L. R. R; CARVALHO, R. D. S; ANDRADE, G.; LEITE C. C. **Aproveitamento industrial de marisco na produção de linguiça.** Ciênc. Tecnol. Aliment, v. 24, p. 664-668. Campinas, 2004.

BOEHS, G.; VILLALBA, A.; CEUTA, L.O.; LUZ, R. J. **Parasites of three commercially exploited bivalve mollusc species of the estuarine region of the Cachoeira river** (Ilhéus, Bahia, Brazil). Journal of Invertebrate Pathology, v.103, n.1, p.43-47, 2010.

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).** Anais IV Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, v.1, p. 1- 8. Porto Alegre, 2004.

CASTRO, A.C.L. **Aspectos ecológicos da Ictiofauna da Ilha de São Luís - MA.** Tese de Professor Titular - Universidade Federal do Maranhão, 1997.

CHIERINGHINI, D.; BRIDI, R.; da ROCHA, A. A.; LAPA, K. R. **Possibilidades do Uso das Conchas de Moluscos.** 3º International Workshop Advances in Cleaner Production, p 1-5. São Paulo, 2011.

Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Nordeste - CEPENE. **Boletim da estatística da pesca marítima e estuarina do Nordeste do Brasil -2006.** Tamandaré, PE: CEPENE, 2008.

Google Maps. Disponível em <<https://www.google.com.br/maps/place/Praia+do+Capit%C3%A3o>

3%A3o/@-7.8312906,34.8539353,3115> Acessado em janeiro/2017.

LIMA, H. C.; BARBOSA, J. M.; CORREIA, D. S. **Extração de Mariscos por Moradores da Comunidade de Beira-Mar 2, Igarassu PE.** In: VII Jornada e Ensino, Pesquisa e Extensão, 2007, Manguezais p. 108-109. Recife, Editora da UFPE, 2007.

PAES, I. N. L.; ANDRADE, M. D.; ANGELIM, R.; HASPARYK, N.; OLIVEIRA, R. D.; PASSOS, J.; CARASECK, H. **O efeito de finos calcários nas propriedades da argamassa de revestimento.** III Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas – SBTA, Vitória/ES, 1999.

PEDROSA, L. F. C; COZZOLINO, S. M. F. **Composição centesimal e de minerais de mariscos crus e cozidos da cidade de Natal/RN.** Ciênc. Tecnol. Aliment, v. 21, p. 154-157. Campinas, 2001.

REGO NETO, L. G.; BATISTA, M. S. S. **Os impactos ambientais da pesca artesanal: Perspectivas de educação ambiental com mulheres marisqueiras.** V Semana de Estudos, Teorias e Práticas Educativas. UERN, Pau dos Ferros/RN, 2014.

RÊGO, M. J. A. M.; MOTA, J. M. F.; FAUSTINO, R.; SILVA, I. J. M da; MORAES, Y. B. L. **Avaliação do uso de concha de marisco como agregado miúdo na produção de argamassa para revestimento de piso.** Anais do 58º Congresso brasileiro do concreto, 2016.

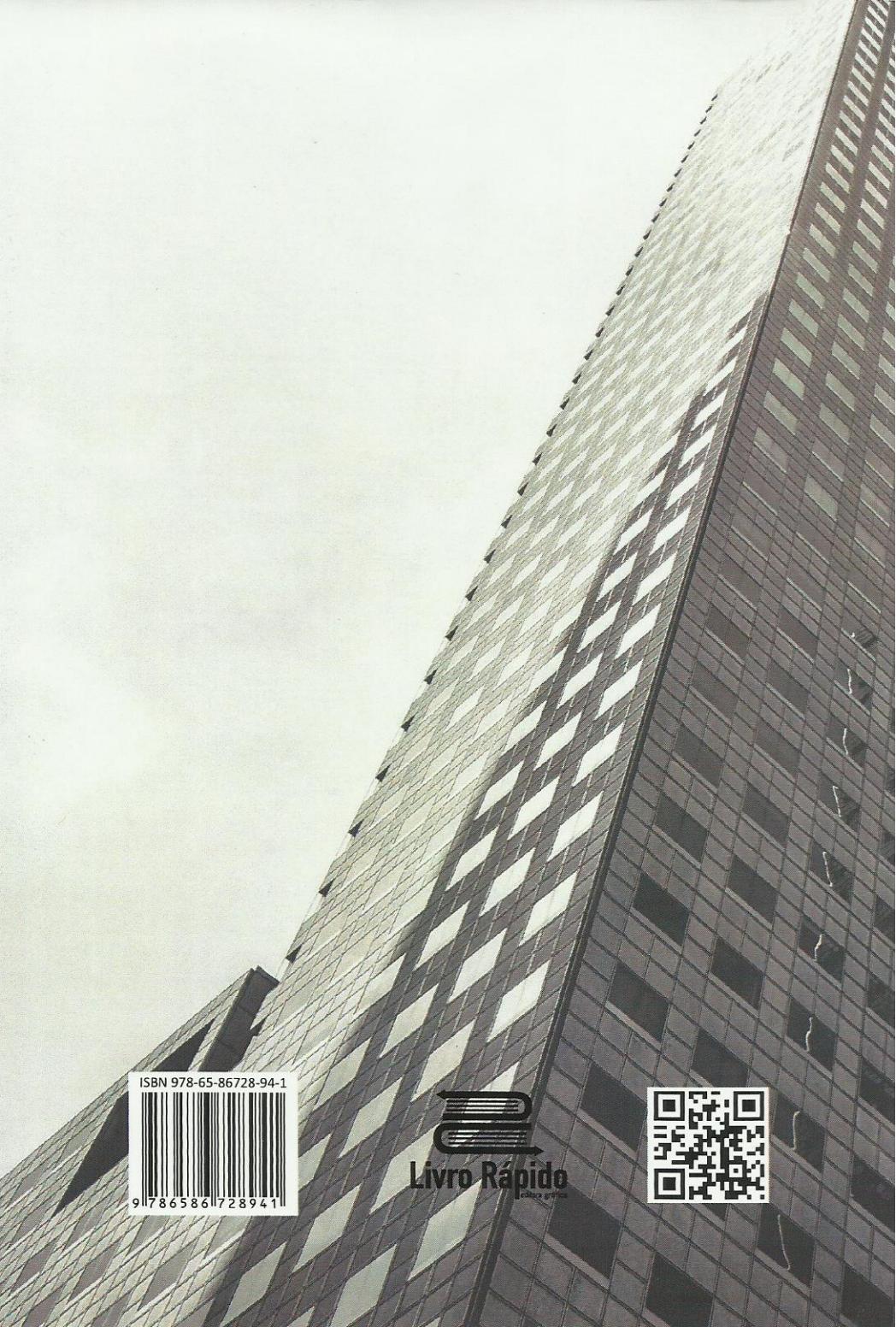
RUPPERT, E. E., FOX, R. S; BARNES, R. D. **Zoologia dos Invertebrados: Uma abordagem funcional-evolutiva.** 7a. Edição, Editora Roca Ltda. São Paulo, 2005.

SILVA, D. **Resíduo sólido da malacocultura: caracterização e potencialidade de utilização de**

**conchas de ostras e mexilhão.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Florianópolis, 2007

WOOD, P.C. **Manual de higiene de los mariscos.** Editora Acribia, 1975.

YOON G. L., YOON W. Y., CHAE S. K. **Shear Strength and Compressibility of Oyster Shell-sand Mixtures.** Journal Environmental Earth Sciences. Heidelberg – Berlin – Germany. September, 2009.

The background of the entire image is a photograph of a modern skyscraper's facade, featuring a dense grid of rectangular windows.

ISBN 978-65-86728-94-1



9 786586 728941

