



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA  
SANDRA BEZERRA LOFFI

**ESTUDO SOBRE O COMPORTAMENTO DE UMA ARGAMASSA INCORPORADA  
COM CASCAS DE OSTRAS.**

Palhoça  
2014

**SANDRA BEZERRA LOFFI**

**ESTUDO SOBRE O COMPORTAMENTO DE UMA ARGAMASSA INCORPORADA  
COM CASCAS DE OSTRAS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Sul de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Ambiental e Sanitarista.

**Orientadora: Prof.(a) Heloisa ReginaTuratti Silva**

Palhoça

2014

**SANDRA BEZERRA LOFFI**

**ESTUDO SOBRE O COMPORTAMENTO DE UMA ARGAMASSA INCORPORADA  
COM CASCAS DE OSTRAS.**

Este trabalho de conclusão de curso foi julgado adequado á obtenção do título de Engenheira Ambiental e Sanitária em Engenharia e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Ambiental e Sanitário, da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 21 de Novembro de 2014.



---

Prof. e orientadora Heloisa Regina Turatti Silva, Dr.  
Universidade do Sul de Santa Catarina



---

Prof. Paola Egert Ortiz, Dr.  
Universidade do Sul de Santa Catarina



---

Prof. Lisiane Librelotto, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

Com muito carinho, dedico este trabalho aos meus pais Arnaldo Loffi e Evanilda Bezerra Loffi, pela compreensão apoio e contribuição para minha formação acadêmica.

Ao meu noivo maravilhoso, Almir Rogério Petry, que sempre me incentivou para a realização dos meus ideais, encorajando-me a enfrentar todos os momentos difíceis da vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela oportunidade de estar realizando este trabalho.

Aos meus pais, pelo incentivo e colaboração, principalmente nos momentos de dificuldades.

Ao meu noivo, por não medir esforços em me ajudar e sempre estar presente em todos os momentos.

A minha orientadora, professora Heloisa Regina Turatti Silva, pelo esforço, amizade, auxílio, atenção e dedicaçãoa mim despendidos.

Agradeço aos meus colegas de trabalho pela compreensão e apoio, em especial a minha colega Isis Machado que não mediu esforços em me ajudar.

Agradeço aos meus colegas pelo apoio nos momentos difíceis, pelo auxílio nos trabalhos e principalmente por estarem comigo nesta jornada, tornando-a mais fácil.

“A persistência é o caminho do êxito.”

Charles Chaplin

## RESUMO

A Grande Florianópolis tem se destacado por contribuir economicamente com parte da produção nacional de moluscos, especialmente ostras e mariscos. Com o aumento da produção há um aumento dos resíduos gerados, a concha de ostra que por muitas vezes tem seu destino final incorreto causando sérios impactos ambientais.

A partir dessa informação, o descarte incorreto das conchas de ostras, levou a busca por um destino para este resíduo. Portanto o foco desta pesquisa é analisar a incorporação do pó da concha da Ostra em uma argamassa utilizada na construção civil. Foram formulados corpos de prova com incorporações de diferentes porcentagens do resíduo do pó da concha de ostra e como padrão de comparação, utilizou-se uma composição com cimento CP IV - 32.

Os resultados dos corpos de prova demonstraram que o efeito da incorporação do resíduo em concentração da amostra de 5% sobre a absorção de água, obteve um resultado melhor para resistência mecânica segundo os padrões analisados. O ensaio de Reação Álcali Agregado- RAA mostrou-se favorável, não acusando a patologia nas amostras nas diferentes concentrações.

Palavras-chave: Concha de Ostra, Reciclagem, Argamassa.

## **ABSTRACT**

Currently Florianópolis has excelled by contributing economically part of the national production of shellfish, especially oysters and clams. With the increase in production for an increase of waste generated. The oyster shell which often has its final destination incorrect causes serious environmental impacts.

From this information, the problem of disposing of the shells improperly, led the search for a destination for this residue. Therefore the focus of this research is to analyze the incorporation of the dust of the oyster shell in a mortar used in construction. Specimens were made with different percentages of embodiments of the residue of oyster shell powder and as a standard of comparison, a formulation was used only with cement CP IV - 32.

The observed results of the specimens showed that the effect of the incorporation of the residue in 5% concentration on water absorption, mechanical resistance and a better result obtained by the standards analyzed. The RAA test was favorable, not accusing the pathology in the samples at different concentrations.

Keywords: Oyster shell, recycling, grout.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Evolução da produção de moluscos comercializados. ....	20
Figura 2. Evolução da produção de ostras comercializadas por Santa Catarina entre 1991 e 2013. ....	21
Figura 3. Produção de ostras comercializadas por município, em 2013. ....	22
Figura 4. Depósito de conchas de Ostras. ....	23
Figura 5. Descrição de alguns diferentes tipos de mistura a base de cimento. ....	24
Figura 6: Peneiras tanto da série normal quanto da intermediária. ....	26
Figura 7. Características e aplicações dos diferentes tipos de cimento. ....	29
Figura 8: Concha de Ostras Trituradas. ....	34
Figura 9: Concha de Ostras. ....	34
Figura 10: Corpos de Prova. ....	36
Figura 11: Ensaio de resistência mecânica nos corpos de prova incorporados com pó das cascas de ostras. ....	37
Figura 12: Molde para ensaio RAA. ....	38
Figura 13: Relógio comparador. ....	39
Figura 14: Amostras no banho á 80°C. ....	39
Figura 15: Amostras no banho em uma solução NaOH a uma temperatura de 80°C. ....	40
Figura 16: Concha de ostra no formato lamelar utilizada para os ensaios. ....	50
Figura 17: Peneiras com Granulometrias diferentes utilizadas no procedimento. ....	60
Figura 18: Aparelho de Vicat. ....	61
Figura 19. Misturador Mecânico. ....	61
Figura 20: Moldes utilizados no ensaio. ....	62
Figura 21: Penetrômetro. ....	63
Figura 22: Ensaio de tempo de pega realizado com Penetrômetro. ....	63
Figura 23: Moldes após o ensaio de tempo de pega. ....	64
Figura 24: Balança hidrostática. ....	65

## LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1: Desempenho da resistência mecânica (Mpa).....	47
Gráfico 2 – Resistência Mecânica com incorporação de 5%, 10% e 15% do pó da concha de Ostra. ....	48
Gráfico 3 – Perfil de expansão para as amostras que foram analisadas em meio agressivo. ....	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Distribuição granulométrica. ....	26
Tabela 2: Resultados de ensaios físicos e mecânicos no cimento CP IV -32. ....	41
Tabela 3: Resultados dos ensaios de caracterização do agregado miúdo natural....	42
Tabela 4: Resultados de caracterização do resíduo. ....	43
Tabela 5 - Determinação da análise química por espectrometria de fluorescência de raios x e espectrometria de absorção atômica. ....	44
Tabela 6: Valores de absorção e densidade para as diferentes incorporações de pó da concha de Ostra. ....	45
Tabela 7: Tempo de pega da amostra piloto, 5%, 20% e 30% do resíduo.....	46
Tabela 8: Resultados da Resistência Mecânica – Mpa.....	47
Tabela 9 - Resistência Mecânica em função da incorporação de pó da concha de ostra. ....	48

## Sumário

<b>1.INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	15
1.2 OBJETIVOS .....	16
<b>1.2.1 Objetivos Gerais</b> .....	<b>16</b>
<b>1.2.2 Objetivos Específicos</b> .....	<b>16</b>
<b>2.REVISÕES BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>18</b>
2.1 RECICLAGEM.....	18
2.2 DESCRIÇÃO DA OSTRAS .....	19
2.3. PRODUÇÃO DE OSTRAS.....	20
2.4 CONCRETO E ARGAMASSA .....	23
2.5 AGREGADOS .....	25
2.6 CIMENTO.....	28
2.7 REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUO NA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	30
2.8 REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO .....	31
<b>3.METODOLOGIA</b> .....	<b>34</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA.....	34
3.2 REALIZAÇÃO DE DIFERENTES MISTURAS DE ARGAMASSA COM O PÓ DO RESÍDUO.....	35
3.3CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL ACABADO .....	35
<b>3.1.1 Resistência Mecânica</b> .....	<b>35</b>
<b>3.1.2 Ensaio de Expansibilidade - RAA</b> .....	<b>37</b>
<b>4.RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>41</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA.....	41
<b>4.1.1 Caracterização física e mecânica do cimento</b> .....	<b>41</b>
4.2 AGREGADO ( AREIA E OSTRAS).....	42
<b>4.2.2 Caracterização do Pó de Concha de Ostra</b> .....	<b>43</b>
<b>4.2.3 Determinação da Análise Química por Espectrometria de Fluorescência de Raios- X E Espectrometria de Absorção Atômica do Pó da Concha De Ostra.</b> .....	<b>43</b>
4.3 INVESTIGAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS DA ARGAMASSA COM INCORPORAÇÃO DO RESÍDUO.....	45

<b>4.3.1 Absorção .....</b>	<b>45</b>
<b>4.3.2 Tempo de Pega .....</b>	<b>45</b>
<b>4.4 RESISTÊNCIAS MECÂNICAS .....</b>	<b>46</b>
<b>4.5 INVESTIGAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÂNICAS E QUÍMICAS DA ARGAMASSA COM INCORPORAÇÃO DE CONCHA DE OSTRAS. ...</b>	<b>51</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>53</b>
<b>6. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXO A - GRANULOMETRIA .....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXO B - TEMPO DE PEGA E ÁGUA DA PASTA DE CONSISTÊNCIA NORMAL. .....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXO C - TEMPO DE PEGA .....</b>	<b>62</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios da atualidade é a interação do homem com a natureza de forma responsável. Nos últimos anos, o meio ambiente tem enfrentado uma série de problemas, principalmente devido ao grande crescimento populacional e industrial, transformando os resíduos em sérios problemas urbanos devido ao seu gerenciamento errado, com volume e massa acumulados. Grande parte destes resíduos são depositados em aterros clandestinos, os quais favorecem a proliferação de mosquitos e roedores. Também podem alcançar os córregos, ocasionando obstruções e provocando inundações.

O reaproveitamento de materiais é um tema amplamente discutido no meio acadêmico e na sociedade, uma vez que envolve aspectos técnicos, econômicos e ambientais. Essa prática é possível a partir da reciclagem. A reciclagem de resíduos é uma necessidade para a preservação do meio ambiente, não apenas pelo risco de contaminação, mas também pela possibilidade de redução de custo e do consumo de energia na produção de materiais de construção civil (SILVA;SOUZA;SILVA,1996). Do ponto de vista ecológico, o reaproveitamento minimiza os inconvenientes que a disposição ou estocagem de resíduos causa à comunidade e as empresas geradoras. Considerando que os depósitos municipais e particulares encontram-se perigosamente próximos da sua capacidade limite, é preciso conceber meios de reaproveitar este resíduo de forma produtiva.

Um dos setores causadores da má disposição dos objetos de resíduos é o setor da maricultura. O Estado de Santa Catarina é o maior produtor de moluscos do Brasil com aproximadamente 747 ostreicultores, distribuídos em 10 municípios da faixa litorânea que compreendem o município da Palhoça até São Francisco do Sul. A produção de ostras e mexilhões tem apresentado um significativo crescimento nessa região, iniciado no ano de 1999 (EPAGRI, 2008). Entretanto, após o consumo destes moluscos, grande parte das conchas são descartadas de forma incorreta.

A construção civil, pelo grande volume físico de materiais que incorpora, proporciona um mercado com grande potencial para a reciclagem. Um dos resíduos que pode ser absorvido pela construção civil é a casca de ostra, resíduo que atualmente é um problema ambiental. Em vista disso o trabalho consiste em estudar a incorporação do pó de ostra no concreto, a fim de atribuir um destino apropriado

ao resíduo que atualmente tem sua disposição final em aterros sanitários, mar, areia e terrenos baldios.

### 1.1 JUSTIFICATIVA

O crescimento sócio-econômico de um país consiste na extração de diversos bens minerais, os quais são transformados e disponibilizados para as diversas classes consumidoras desses recursos e existindo assim, uma relação direta entre desenvolvimento econômico, qualidade de vida e consumo de bens minerais.

Um dos setores no estado de Santa Catarina, que contribui com atividades que alteram o meio ambiente, principalmente por ocupar parte de seu território próximo a faixa litorânea é a maricultura. O estado de Santa Catarina foi responsável em 2011 pela produção de 18.253,8 toneladas de moluscos (mexilhões, ostras e vieiras) representando um aumento de 16,75% em relação a 2010 (EPAGRI, 2011).

Entretanto, segundo Petrielli (2008) depois do consumo destes moluscos, apenas 10% das conchas são reutilizadas ou vendidas. A maior parte das conchas descartadas são jogadas em terrenos baldios ou devolvidas ao mar, provocando sérios impactos nesses ambientes.

O acúmulo das conchas no fundo do mar pode diminuir a profundidade das baías e assim, impedir a circulação de água, prejudicando a própria maricultura, que necessita de um meio sem contaminação para garantir a qualidade da produção. Nos casos dos resíduos descartados em terrenos baldios, a matéria orgânica pode atrair vetores como os transmissores de doenças (ratos, baratas, moscas, etc.), além de provocar mau cheiro.

Dessa forma, os estudos sobre o reaproveitamento das conchas de ostras têm significativa importância para a sociedade, possibilitando a geração de soluções ambientais para estes problemas.

Neste sentido ressalta-se o segmento da construção civil como um setor que constitui uma considerável ferramenta para o desenvolvimento sustentável. A construção civil é uma tendência crescente no país e um setor extremamente consumidor dos espaços urbanos. Nos últimos anos, o setor contou com um

significativo desenvolvimento em sua atividade econômica, sendo assim, percebe-se uma excelente oportunidade de unir a sustentabilidade com a construção civil.

A construção civil representa oportunidades para diversas pesquisas com aplicações nas diferentes áreas de conhecimento, uma delas é a incorporação de resíduos. Essa incorporação pode acarretar problemas químicos na cura do concreto chamados de patológicos. Para minimizar e até solucionar essa interferência nas reações na cura do cimento, é preciso produzir investigações, através da pesquisa.

Este trabalho tem como base metodologias apresentadas em projetos anteriores, como a investigação da resistência mecânica, a absorção de água, o tempo de pega, além da avaliação da patologia Reação Álcali Agregado(RAA).

A avaliação da patologia Reação Álcali Agregado ocorre devido ao processo químico que provém da reação de alguns dos compostos mineralógicos do agregado com óxidos alcalinos originários do cimento, água de amassamento ou agentes externos. Essa reação resulta no surgimento de expansões, podendo originar fissuras, aumento da permeabilidade, diminuição da resistência física e química e conseqüente ruptura da estrutura.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivos Gerais

Investigar a influência do pó de concha de ostra nas características de uma argamassa.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar a caracterização físico-química das matérias-primas;
- Preparar corpos de prova com diferentes incorporações do pó das cascas de ostras;
- Realizar caracterização física e mecânica do material acabado;
- Realizar ensaios de expansão segundo a NBR 15577-4;
- Correlacionar os dados com as normas vigentes.



## 2. REVISÕES BIBLIOGRÁFICAS

### 2.1 RECICLAGEM

Os diversos setores da atividade humana e os atuais hábitos consumidores da sociedade moderna vêm gerando uma série de resíduos e o volume gerado nesse processo causa diferentes impactos ambientais. A atividade da reciclagem atua de forma preventiva, diminuindo a geração de resíduos descartados ao meio ambiente. Diversas pesquisas sobre a reciclagem são encontradas nas diferentes áreas, onde um dos temas explorados é a utilização dos resíduos de forma racional para evitar o desperdício.

A reciclagem é a fase final dos resíduos que após serem reciclados, adquirem nova forma e propriedades que poderão ser reutilizadas em outras atividades desenvolvidas pelo ser humano.

Os resíduos são classificados de acordo com o risco ambiental, para que assim, tenham o correto destino ou manuseio. No Brasil existe uma norma que trata da classificação dos resíduos sólidos, a NBR 10004:2004–“Resíduos Sólidos - Classificação” (ABNT, 2004).

Atualmente o padrão de desenvolvimento caracteriza-se principalmente pela exploração excessiva e constante dos recursos naturais e à geração maciça de resíduos. Assim, tem-se um confronto entre meio ambiente e desenvolvimento, ao não se estabelecer patamares sustentáveis de produção e consumo (ANGELIS NETO; ANGELIS, 1999).

A reciclagem é uma forma muito atrativa de gerenciamento de resíduos, pois transforma o lixo em insumos para a indústria, com inúmeras vantagens ambientais. O processo reduz sensivelmente o consumo de energia e contribui para a economia dos recursos naturais e bem-estar da comunidade. No contexto da reciclagem, a escassez de recursos naturais favorece investigações científicas que contribuam para o reaproveitamento de resíduos.

## 2.2 DESCRIÇÃO DA OSTRA

As espécies de moluscos bivalve cultivadas em Santa Catarina são: ostra do pacífico (*Crassostrea gigas*), mexilhão (*Perna*) e vieiras (*Nodipectenodosus*).

O termo molusco bivalve é designado ao animal de corpo mole protegido por um exoesqueleto com forma de uma concha de duas valvas, que se articulam por uma charneira e são mantidas unidas pelos músculos adutores.

Nos bivalves, contrariamente aos outros moluscos, não é possível distinguir a cabeça. O corpo é constituído essencialmente por um pé e uma série de lâminas branquiais (ctnedia) que podem, ou não, apresentar um par de sífões, seu manto tem a forma de duas abas simétricas recobrando o corpo do animal e segregando as valvas. Estas podem ser firmemente fechadas por retração dos músculos adutores, situados em cada uma das extremidades do animal.

Os bivalves não tem um sistema muscular de abertura das valvas, em vez disso possuem um ligamento elástico que automaticamente abre a concha quando o músculo adutor relaxa.

No que se refere a composição química, o carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) é o principal constituinte das conchas dos bivalves e matéria-prima para diversos produtos, este é utilizado como aditivo na fabricação de tubos de PVC, para que o PVC transforme a resina plástica em produto final. Geralmente os compostos de PVC contêm estabilizantes, lubrificantes, cargas e pigmentos. Utiliza-se como principal carga o carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) com tamanho de partícula inferior a 20  $\mu\text{m}$  (BOICKO, HOTZA e SANT'ANNA, 2004).

A indústria farmacêutica também tem se beneficiado do carbonato de cálcio extraído das conchas de ostras. Um exemplo são os suplementos alimentares que auxiliam no combate e prevenção da osteoporose. Cientistas americanos mostraram que no combate a tensão pré-menstrual, o cálcio de concha de ostra reduziu em 50% os sintomas, diminuindo consideravelmente a depressão e as cólicas. (SANT'ANNA et. al, 2007).

Estudos desenvolvidos pela Universidade do Sul de Santa Catarina apresentaram a viabilidade do uso de cascas de ostras na fabricação de blocos de concreto e de blocos para a pavimentação. Os resultados obtidos pela pesquisa demonstraram que estes produtos são altamente viáveis e encaixam nas normas da

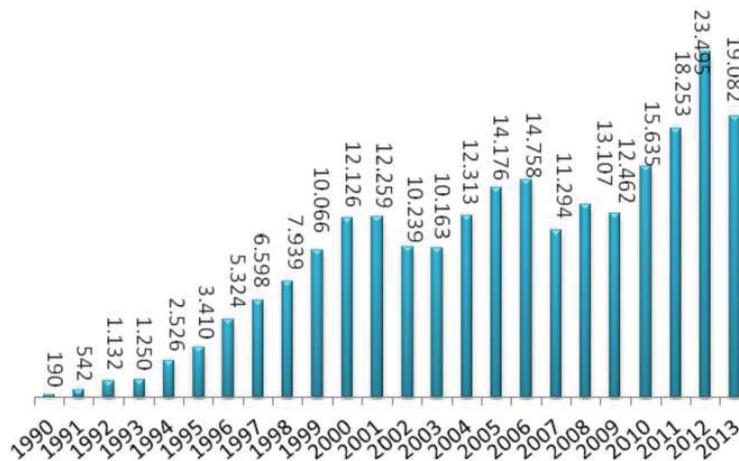
ABNT. Sendo mais uma alternativa para o uso dos resíduos provenientes da maricultura (BATISTA, 2009).

### 2.3. PRODUÇÃO DE OSTRAS

Santa Catarina possui um vasto litoral, formando baías favoráveis ao cultivo de moluscos, devido a adequada localização geográfica em relação ao globo terrestre. Aliado ao clima e temperatura da água, estes fatores proporcionam condições ideais para o crescimento de moluscos devido à grande quantidade de nutrientes (NASCIMENTO, 1983).

Segundo dados da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S/A (EPAGRI), a produção total de moluscos comercializados em 2013 por Santa Catarina (mexilhões, ostras e vieiras) foi de 19.082,4 toneladas (t), representando uma diminuição de 18,8% em relação a 2012, conforme mostra a Figura 1.

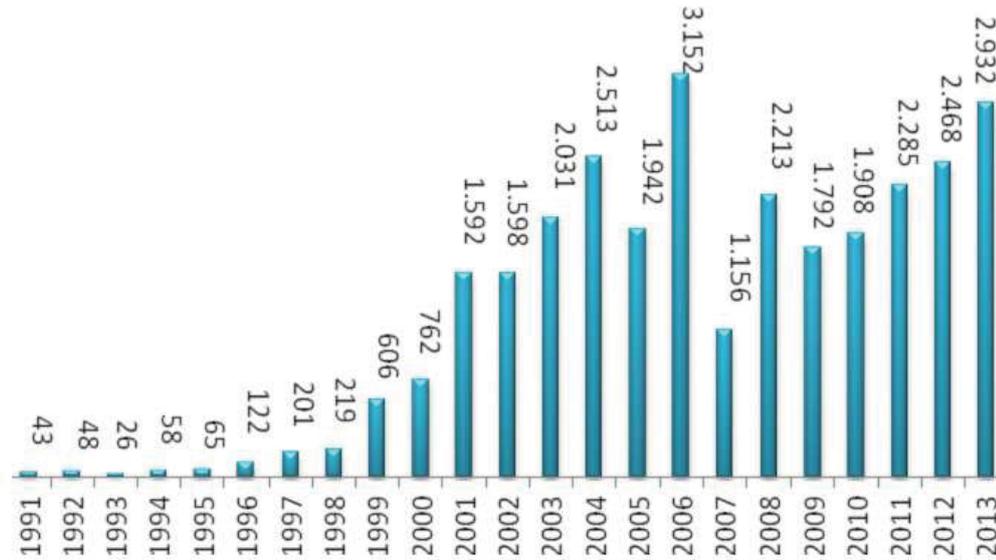
Figura 1: Evolução da produção de moluscos comercializados.



Fonte: Santos, 2013.

A comercialização de ostras na safra 2013 foi de 2.932,5t, representando um aumento de 18,8% em relação à safra 2012 (2.468t), conforme mostra Figura 2 abaixo.

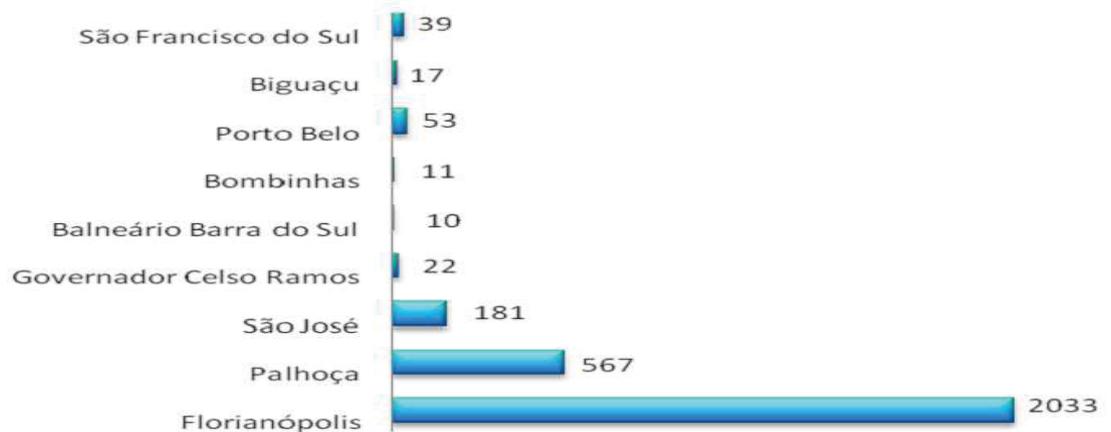
Figura 2. Evolução da produção de ostras comercializadas por Santa Catarina entre 1991 e 2013.



Fonte: Santos, 2013.

Os municípios que mais contribuíram para a produção total de moluscos no Estado de Santa Catarina foi Florianópolis, com uma produção de 2.033t, representando um aumento 7,7% em relação à safra 2012 (1.887t); seguido por Palhoça, São José, Biguaçu e Governador Celso Ramos (Figura 3). Considerando que todos esses municípios fazem parte da Grande Florianópolis e localizam-se dentro das Baías Norte e Sul, equivale dizer que essas Baías são responsáveis por 96% (2.819,6t) da produção estadual de ostras cultivadas (2.935,5t).

Figura 3. Produção de ostras comercializadas por município, em 2013.



Fonte: Santos, 2013.

A comunidade do Ribeirão da Ilha, no município de Florianópolis, destaca-se como a maior produtora de ostra, com 1.708t, representando 84% da produção de Florianópolis e 68,8% da produção estadual.

A produção total de moluscos que são comercializados teve queda no ano de 2013, mas a comercialização da Ostra teve aumento de 18,8%. Em consequência desse aumento na comercialização da Ostra, manifesta-se à necessidade de identificar e analisar os impactos ambientais causados pelos resíduos gerados na sua comercialização.

Um problema é o descarte efetuado no mar, gerando acúmulo de materiais no fundo, podendo ao longo dos anos provocar o assoreamento, fator prejudicial para o cultivo. O descarte do resíduo no mar associado ao contato acidental dos banhistas com a concha, cortante, que aparecem nas praias devido à ação das correntes e das ondas pode gerar ferimentos aos banhistas (PETRIELLI, 2008).

Os resíduos da concha de ostra quando destinados para terrenos baldios (figura 4), causam o surgimento de enfermidades, provenientes de animais e insetos que se alimentam dessa matéria orgânica. Outro problema resulta no mau cheiro da matéria orgânica em decomposição.

A figura 4 mostra uma deposição irregular, a céu aberto no bairro Ribeirão da Ilha/Florianópolis/SC.

Figura 4. Depósito de conchas de Ostras.



Fonte: Autora, 2014.

## 2.4 CONCRETO E ARGAMASSA

O concreto é basicamente o resultado da mistura de cimento, água, pedra e areia, sendo que o cimento ao ser hidratado pela água forma uma pasta resistente e aderente aos fragmentos de agregados (pedra e areia), formando um bloco monolítico.

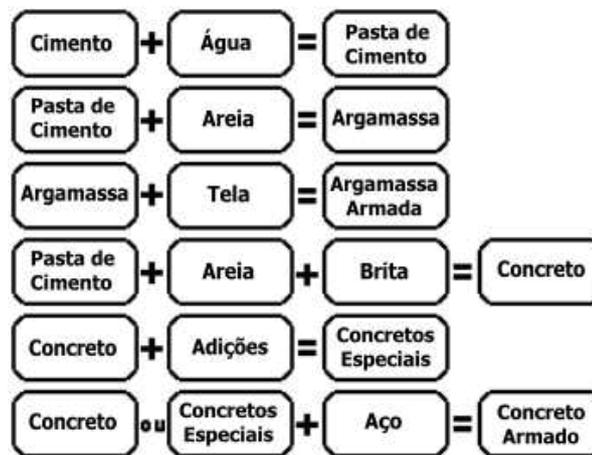
No preparo do concreto, é preciso ter atenção quanto a qualidade e a quantidade de água utilizada, pois ela é a responsável por ativar a reação química que transforma o cimento em uma pasta aglomerante. Se sua quantidade for muito pequena, a reação não ocorrerá por completo e se for superior a ideal, a resistência diminuirá em função dos poros que surgirão quando este excesso evaporar.

A relação entre o peso da água e do cimento utilizados na dosagem é chamada de fator água/cimento ( $a/c$ ).

O concreto deve ter uma boa distribuição granulométrica a fim de preencher todos os vazios, pois a porosidade influencia na permeabilidade e na resistência das estruturas do concreto.

A proporção entre todos os materiais que fazem parte do concreto é conhecida por dosagem ou traço. É possível obter diferentes concretos, com características especiais quanto ao acréscimo da mistura como os aditivos, isopor, pigmentos, fibras ou outros tipos de adições. Cada material no processo de dosagem deve ser analisado previamente em laboratório (conforme normas da ABNT), a fim de conferir a qualidade e obter os dados necessários para a elaboração do traço (massa específica, granulometria, etc.). A descrição de alguns diferentes tipos de mistura a base de cimento são mostradas na figura 5.

Figura 5. Descrição de alguns diferentes tipos de mistura a base de cimento.



Fonte: Portal do Concreto, 2014. [www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/concretos](http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/concretos). Acesso: 30/09/2014.

Já a argamassa segundo a NBR 13281/2005 é a mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, contendo ou não aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalações própria (argamassa industrializada). As argamassas são empregadas com as seguintes finalidades:

- Assentar tijolos e blocos, azulejos, ladrilhos, cerâmica e tacos de madeira;
- Impermeabilizar superfícies;
- Regularizar (tapar buracos, eliminar ondulações, nivelar e aprumar) paredes, pisos e tetos;
- Dar acabamento às superfícies (liso, áspero, rugoso, texturizado, etc.).

Os tipos de cimentos nas argamassas e concretos são relativos, podendo-se ampliar ou reduzir seu efeito por meio do aumento ou diminuição da quantidade de seus componentes, principalmente sobre a água e o cimento. As características dos demais componentes, que são principalmente os agregados (areia, pedra britada, pó-de-brita, etc.), podem sofrer alterações com certa influência, sobretudo se contiverem matérias orgânicas (folhas, raízes, etc.).

Portanto, é necessário estudar a dosagem ideal dos componentes das argamassas e concretos, a partir do tipo de cimento escolhido para o respectivo fim, de modo que traga uma boa relação custo benefício ao seu consumidor. Para acrescentar agregados, a dosagem deve obedecer métodos racionais, comprovados na prática, e que respeitem as normas técnicas aplicáveis.

## 2.5 AGREGADOS

Segundo a definição da NBR 7225/1993, agregado é o material natural, de propriedades adequadas ou obtidas por fragmentação artificial de rocha, de dimensão nominal máxima inferior a 100 mm e de dimensão nominal mínima igual ou superior a 0,075mm. Inclui, portanto, agregado graúdo e agregado miúdo.

A NBR 7211/2005 fixa as características exigidas na recepção e produção de agregados miúdos e graúdos de origem natural, encontrados fragmentados ou resultantes da britagem de rochas. Dessa forma, se definem agregado miúdo como os agregados 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. Definem ainda agregados graúdos, cujos grãos passam por uma peneira de malha quadrada com abertura nominal de 152 mm e ficam retidos na peneira de 4,7mm.

A NBR 7211/2005 traz a definição do módulo de finura como a soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série normal, dividida por 100. As peneiras tanto da série normal quanto da intermediária são identificadas na Figura 6.

Figura 6: Peneiras tanto da série normal quanto da intermediária.

Série Normal	Série Intermediária
75 mm	-
-	64 mm
-	50 mm
37,5 mm	-
-	32 mm
-	25 mm
19 mm	-
-	12,5 mm
9,5 mm	-
-	6,3 mm
4,75 mm	-
2,36 mm	-
1,18 mm	-
600 µm	-
300 µm	-
150 µm	-

Fonte: NBR 7211/2005.

A distribuição granulométrica, conforme a última atualização da ABNT NBR 7211/2009, deve atender aos limites estabelecidos, mostrados na tabela 1. Podem ser utilizados como agregados miúdos para o concreto, materiais com distribuição granulométrica diferente das zonas estabelecidas pela norma. A tabela 1 mostra que os estudos prévios de dosagem devem comprovar sua aplicabilidade.

Tabela 1. Distribuição granulométrica.

<b>Porcentagem em Peso, Retida Acumulada na Peneira ABNT, para a:</b>				
PENEIRAS com abertura de malha	Limite inferior		Limite superior	
	Zona Utilizável	Zona Ótima	Zona ótima	Zona Utilizável
9.5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7

4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
0,6 mm	15	35	55	70
0,3 mm	50	65	85	95
0,15 mm	85	90	95	100

Fonte: ABNT NBR 7211/2009 NM 248.

As dimensões das partículas podem influenciar nas Reações Álcali Agregado. As partículas reduzidas provocam uma reação profunda e total antes que o gel tenha se formado. Segundo Paulon (1981), agregados reativos de dimensões muito reduzidas provocam uma reação profunda e total antes que o gel tenha se formado. Grandes quantidades de materiais finos, devido a sua maior superfície específica, provocam redução rápida na concentração de álcalis de tal forma que os agregados maiores não tenham oportunidade de sofrer as reações secundárias que provocam a formação do gel expansivo.

Todo material granular é considerado agregado, sem volume definidos e sem forma, comumente inerte de dimensões e propriedades adequadas para a Engenharia. Os aglomerantes conjuntamente com os agregados, em especial o cimento, formam o principal material de construção: o concreto. Os mesmos desempenham um importante papel nas argamassas e concretos, quer do ponto de vista econômico, quer do ponto de vista técnico, e exercem influência benéfica sobre algumas características importantes, como: retração, aumento da resistência ao desgaste, etc., sem prejudicar a resistência aos esforços mecânicos, pois os agregados de boa qualidade têm resistência superior à da pasta do aglomerante (PETRUCCI, 1982).

Existem, outras características do agregado além da resistência, tais como o tamanho, a forma e a textura da superfície, granulometria (distribuição granulométrica e mineralógica), que reconhecidamente influem na resistência do concreto em vários níveis (MEHTA & MONTEIRO, 1994). Aspectos importantes a serem considerados são o módulo de finura, a área específica, a forma dos grãos e a composição granulométrica (HANAI, 1992 apud ARMANGE, 2005).

O agregado por sua vez pode não ser determinante na resistência do concreto porque, à exceção dos agregados leves, a partícula do agregado é várias vezes mais resistentes que a matriz e a zona de transição.

## 2.6 CIMENTO

O cimento usado para as análises específica é o CP IV-32, fabricado com a moagem fina e simultânea do clínquer Portland, gesso, material carbonático e pozolona, de acordo com a Norma Técnica Brasileira – NBR 5736/ 91. É indicado para aplicações em obras e peças sujeitas ao contato permanente com agentes ambientais agressivos.

Os materiais pozolânicos não reagem com a água da forma como são obtidos. Entretanto, quando finalmente divididos, reagem com o hidróxido de cálcio em presença de água e na temperatura ambiente, dando origem a uma nova composição com propriedades aglomerantes. Por essa razão, os materiais pozolânicos são utilizados conjuntamente com o clínquer, pois o hidróxido de cálcio é um produto normalmente resultante da hidratação deste. A adição desse tipo de material modifica a micro estrutura do concreto, diminuindo a permeabilidade, a difusibilidade iônica e a porosidade capilar, aumentando a estabilidade e a durabilidade do concreto (ABCP, 2002).

Os cimentos são classificados por sua composição química originando seus nomes técnicos. O cimento Portland tem seu nome técnico chamado de CP, as características e aplicações do cimento Portland CP são mostradas na Figura 7.

Figura 7. Características e aplicações dos diferentes tipos de cimento.

Nome técnico		Sigla	Classe	Identificação do tipo e classe
Cimento portland comum (NBR 5732)	Cimento portland comum	CP I	25	CP I-25
			32	CP I-32
	40		CP I-40	
Cimento portland comum com adição	Cimento portland comum com adição	CP I-S	25	CP I-S-25
			32	CP I-S-32
			40	CP I-S-40
Cimento portland composto (NBR 11578)	Cimento portland composto com escória	CP II-E	25	CP II-E-25
			32	CP II-E-32
			40	CP II-E-40
Cimento portland composto (NBR 11578)	Cimento portland composto com pozolana	CP II-Z	25	CP II-Z-25
			32	CP II-Z-32
			40	CP II-Z-40
Cimento portland composto com filler	Cimento portland composto com filler	CP II-F	25	CP II-F-25
			32	CP II-F-32
			40	CP II-F-40
Cimento portland de alto-forno (NBR 5735)		CP III	25	CP III-25
	32		CP III-32	
	40		CP III-40	
Cimento portland pozolânico (NBR 5736)		CP IV	25	CP IV-25
	32		CP IV-32	
Cimento portland de alta resistência inicial (NBR 5733)		CP V-ARI	-	CP V-ARI
Cimento portland resistente aos sulfatos (NBR 5737)		-	25 32 40	Sigla e classe dos tipos originais acrescidos do sufixo RS. Exemplo: CP I-32RS, CP II-F-32RS, CP III-40RS etc.
Cimento portland de baixo calor de hidratação (NBR 13116)		-	25 32 40	Sigla e classe dos tipos originais acrescidos do sufixo BC. Exemplo: CP I-32BC, CP II-F-32BC, CP III-40BC etc.
Cimento portland branco (NBR 12989)	Cimento portland branco estrutural	CPB	25	CPB-25
			32	CPB-32
	40		CPB-40	
	Cimento portland branco não estrutural	CPB	-	CPB
Cimento para poços petrolíferos (NBR 9831)		CPP	G	CPP - classe G

Fonte: Ecivil, 2014 [http://www.ecivilnet.com/artigos/cimento\\_portland\\_composicao.htm](http://www.ecivilnet.com/artigos/cimento_portland_composicao.htm) Acesso: 09/11/2014.

O cimento CP IV-32 é indicado para obras submetidas à ação de água corrente, como as barragens e em ambientes agressivos com excessiva exposição ao sol e chuva como prédios e amplas construções. O cimento CP IV-32 forma um concreto mais impermeável, mais durável, apresentando resistência mecânica à

compressão superior à do concreto feito com Cimento Portland Comum, a idades avançadas.

## 2.7 REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil é apontada como um dos setores mais importantes para o desenvolvimento econômico e social. Por outro lado, comporta-se, como um grande gerador de impactos ambientais, quer seja pelo consumo de recursos naturais, quer pela modificação da paisagem ou pela geração de resíduos.

As fontes geradoras de resíduos na construção civil são permanentes, pois, sempre existirão obras no final de ciclo de utilização, dando lugar a reformas, demolições e novas construções. A construção civil até o momento, tem se alimentado em grande escala, de recursos naturais e fontes de energia não renováveis. No ritmo de crescimento moderno e para que esse setor se desenvolva de forma sustentável, é necessário substituir o atual modelo por outros que priorizem a economia de recursos, evitem desperdícios e reduzam a geração de resíduos. A Reciclagem é um caminho para essa mudança.

As Tecnologias têm se aprimorado, em busca de aumentar a eficiência para o uso de energia e conseqüentemente reduzir o consumo de recursos naturais, gerando menos resíduos e poluição. Por ser uma questão social devem-se propor soluções que possibilitem uma execução em curto prazo e ao mesmo tempo assegurem a qualidade e o custo na construção e na manutenção da geração de energia.

O crescimento da economia e da população mundial tem provocado aumentos consideráveis na exploração dos recursos naturais. No Japão, em 1995, estimou-se um consumo de 2,6 bilhões de toneladas de materiais, cerca de 18,7 toneladas por habitante ao ano (KASSAI, 1998). Já o consumo de matérias-primas renováveis foi reduzido de 40% para 8% no mesmo período. No mundo, o consumo de materiais entre 1970 e 1995 passou de 5,7 bilhões de toneladas para 9,5 bilhões, cerca de 1,6 toneladas por habitante ao ano (MATOS; WAGNER, 1999).

A reciclagem de resíduos não envolve apenas a preservação ambiental, mas também a possibilidade de redução de custos e de consumo de energia na produção de materiais de construção civil. A construção civil, pelo extraordinário volume físico de materiais que incorpora, é o maior mercado potencial para

reciclagem (SILVA, 1997). Esta, devido aos seus inúmeros materiais utilizados, abre opções para incentivar a incorporação de resíduos. Alguns trabalhos já elaborados mostram a sua potencialidade de absorção de diferentes resíduos, como é o caso do projeto “BLOCO VERDE”: REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DE CONCHAS DE OSTRAS E MEXILHÕES, onde avalia a viabilidade técnica da confecção de blocos e pavimentos de concreto com a incorporação de resíduos provenientes da maricultura e entulho da construção civil.

O ESTUDO DA INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE CERÂMICA VERMELHA NA COMPOSIÇÃO DE CONCRETO PARA USO EM ESTACAS MOLDADAS IN LOCO é outro estudo que objetivou estudar a influência da adição de resíduos de cerâmica vermelha (RCV), nas características mecânicas do concreto.

Assim como inúmeros outros projetos que vêm sendo elaborados para buscar novas alternativas de incorporações de resíduos na construção civil. Para que haja aceitação no mercado de um produto resultante da reciclagem é necessário conhecê-lo muito bem quanto às suas propriedades físicas, químicas e tecnológicas, bem como a viabilidade econômica de sua produção e utilização.

## 2.8 REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO

A reação álcali-agregado (RAA) foi descoberta na Califórnia, na década de 30, causando preocupação ao meio técnico, pois nessa época foram observadas fissuras e expansões em estruturas de concreto. Os primeiros estudos foram publicados por Stanton (1940). Este realizou um estudo e concluiu que a causa das fissuras e expansões do concreto na Califórnia, foram causadas por uma reação originada pelos hidróxidos alcalinos liberados pelo cimento e pela sílica proveniente de certos agregados, fato que despertou o interesse de pesquisadores, dando início a várias pesquisas sobre o tema (SANCHEZ, 2008).

A RAA é uma reação química que se processa, numa argamassa ou concreto, entre os íons de hidroxilas ( $\text{OH}^-$ ) associados aos álcalis óxido de sódio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) e óxido de potássio ( $\text{K}_2\text{O}$ ), provenientes do cimento ou de outras fontes, e certos tipos de agregado (FIGUERÔA & ANDRADE, 2007). A proporção da degradação depende da quantidade de álcalis disperso no cimento.

Inicialmente o mecanismo das reações é por um processo físico, logo após o processo químico, onde ocorrem diversas reações. Esses processos pode haver diferentes ramos direcionais, a depender das condições que estão favoráveis. Avaliando-se a grandiosidade das forças devido às expansões provocadas pelo gel higroscópico, causam deformações que vão de diminuição da resistência e fissurações até a destruição total das estruturas afetadas pelas reações (FIGUERÔA & ANDRADE, 2007).

Considerada um fenômeno, a reação álcali-agregado (RAA) ocorre no concreto já endurecido e que se desenvolve devido à combinação de três agentes: álcalis do cimento, agregado reativo ou potencialmente reativo e a presença constante de umidade. Essa combinação causa danos de grandes proporções e às vezes irreversíveis, geralmente, em obras de grande volume de concreto, tais como barragens, blocos de fundação, pavimentação de estradas, aeroportos, cais e pontes.

No mundo, em aproximadamente 35 países, existem diversas obras com estruturas de concreto afetadas por reação álcali agregado (FIGUEROA & ANDRADE, 2007).

Muitas são as ocorrências investigadas e estudadas em varias regiões, e vários congressos e fóruns já foram realizados para discutir esse fenômeno, suas causas e como ocorre o processo de deterioração. Visando a solução do problema foram elaborados regulamentos específicos de normas técnicas em vários países. Os métodos de investigação são preconizados por várias normas, dentre elas encontram-se a ASTM C 1260 (2005), americana; a NBR 15577-4 (2008), brasileira; e a CSA A23.2-25A (1994), Canadense. Atualmente no Brasil e no mundo, o método acelerado das barras de argamassa (ASTM C 1260, 2005), é o mais utilizado, por necessitar de menor espaço em laboratório e investigar de maneira rápida o comportamento de um agregado quanto a RAA (NOGUEIRA, 2010).

Este método foi desenvolvido por Richard Mielenz, também conhecido como ensaio químico rápido, entre os anos de 1947 e 1952, tendo sido empregado no mapeamento de agregados deletérios em regiões dos Estados Unidos (ANDRIOLO, 1997). Neste método a reação álcali-agregado é analisada, por meio de estudo da variação de comprimento de barras de argamassa moldadas com

agregados e cimentos. Os agregados devem se enquadrar em frações pré-estabelecidas por norma na forma de areia (natural ou artificial) para serem testados.

De acordo com Thomas et al. (2006), o método consiste em executar barras de argamassas com os mesmos materiais empregados no concreto e submetê-las a um banho térmico de 80°C de solução de hidróxido de sódio (NaOH) por 28 dias. Thomas et al. (2006) concluíram que os resultados do método, apesar de não traduzirem com precisão a realidade, podem garantir a segurança de prevenção da RAA.

### 3. METODOLOGIA

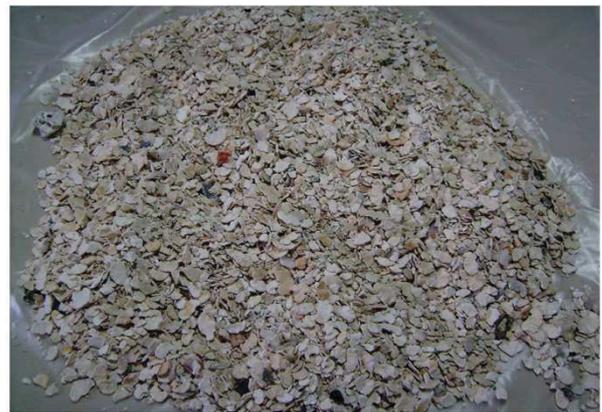
O presente trabalho consiste em produzir amostras de argamassas, fabricadas com cimento CP IV-32, com a incorporação do pó da concha de ostra em concentrações diversas. As conchas de ostras utilizadas foram de uma maricultura proveniente de um fornecedor da Cidade de Palhoça - SC.

As cascas descartadas na comercialização da ostra foram trazidas para o laboratório de materiais da UNISUL e triturado até formar uma amostragem granulada, o suficiente para ser incorporada em uma argamassa. A figura 9 retrata as conchas de ostras utilizadas para os ensaios e na figura 8 as conchas de ostras já trituradas.

Figura 9: Concha de Ostras.



Figura 8: Concha de Ostras Trituradas.



Fonte: Autora, 2014. Fonte: Autora, 2014.

A metodologia para o desenvolvimento da investigação sobre a incorporação dos resíduos da maricultura foi desenvolvida com base nas seguintes etapas:

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA

Nesta etapa realizou-se ensaios de caracterização das matérias primas (casca da ostra, areia e cimento), tais como granulometria, determinação da matéria orgânica, teor de cloretos, tempo de pega, teor retido na peneira 75 mm, água de pasta de consistência normal e massa específica. Estes ensaios têm a finalidade de atestar a qualidade da matéria prima usada. A descrição dos procedimentos pode ser encontrados em anexo neste trabalho.

### 3.2 REALIZAÇÃO DE DIFERENTES MISTURAS DE ARGAMASSA COM O PÓ DO RESÍDUO.

Esta etapa compreendeu a análise de como seria incorporado o pó dos resíduos de ostra na maricultura. A investigação foi realizada em percentuais de 5%, 20% e 30% da substituição da areia pelo resíduo do pó de concha de ostra. Em seguida, as análises foram refeitas em percentuais de 5%, 10% e 15% de pó de concha de ostra na argamassa. A mistura da base é composta por cimento CP IV-32 areia e água que pode ser chamado como piloto da investigação.

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL ACABADO

Na argamassa ainda fresca foi realizado o ensaio de tempo de pega, para verificar se a presença de ostra exercia no material algum efeito. E na argamassa já endurecida foi realizados ensaios de tempo de pega pelo método do penetrometro, absorção, resistência mecânica e ensaio de expansibilidade. A descrição destes procedimentos podem ser encontrados em anexo neste trabalho.

#### **3.1.1 Resistência Mecânica**

Foi realizado ensaio de resistência mecânica para enquadrar o material nas especificações técnicas da ABNT NBR 7215 /96.

A argamassa com as diferentes incorporações do resíduo pó de concha de ostra já estabelecido e o piloto cimento IV-32. Foram preparados por meio de um misturador mecânico e compactados manualmente em um molde. Os moldes que contêm os corpos-de-prova foram conservados em atmosfera úmida para cura inicial; em seguida os corpos-de-prova foram desmoldados e submetidos novamente a atmosfera úmida, um procedimento normalizado. A Figura 10 exhibe os corpos de prova preparados para o rompimento.

Figura 10: Corpos de Prova.



Fonte: Autora, 2014.

Na data prevista segundo a ABNT NBR 7215, os corpos-de-prova foram retirados do meio de conservação úmido, e rompidos para a determinação da resistência à compressão.

A Figura 11 a seguir mostra o equipamento chamado EMIC utilizado para a determinação dos resultados da resistência á compressão.

Figura 11: Ensaio de resistência mecânica nos corpos de prova incorporados com pó das cascas de ostras.



Fonte: Autora, 2014.

### 3.1.2 Ensaio de Expansibilidade - RAA

A ABNT NBR 15577-4/2008 prescreve que, após a caracterização do agregado, deve-se realizar o ensaio acelerado em barras de argamassa na presença de um cimento-padrão.

Foi realizada uma avaliação do desenvolvimento da patologia Reação Alcali - Agregado em amostras de argamassa com as diferentes incorporações do resíduo pó de concha de Ostra e o Padrão cimento IV-32. O procedimento do referido ensaio foi confeccionar uma argamassa com a incorporação do resíduo e após a homogeneização, acomodados em um molde 2,5x2,5x28,5cm conforme sugerido pela norma NBR 15577-4 (2008). A Figura 12 mostra o molde usado nos ensaios.

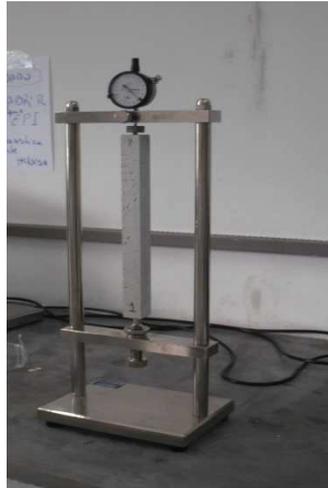
Figura 12: Molde para ensaio RAA.



Fonte: Autora, 2014.

Após a moldagem, os corpos de prova foram mantidos no molde por 24 horas e posteriormente desmoldados e identificados, iniciando-se a primeira medida do comprimento das amostras no equipamento Relógio Comparador, conforme ilustrada na Figura 13.

Figura 13: Relógio comparador.



Fonte: Autora, 2014.

Após a realização da primeira medida, os corpos de prova foram colocados em um recipiente fechado e imersos em água a uma temperatura de 80 °C por um período de 24h e posteriormente realizada uma nova medida. Conforme mostra a Figura 14. O tempo de permanência do recipiente fora da estufa, não ultrapassou 10 min.

Figura 14: Amostras no banho á 80°C.



Fonte: Autora, 2014.

O corpo de prova foi retirado da água, e suas superfícies foram secas e em seguida realizada a medida. O tempo entre retirada da água e leitura foi de

aproximadamente 5 segundos. Após a leitura os corpos de prova foram mergulhados em uma solução de 1 mol de NaOH a uma temperatura de 80 °C. Conforme ilustra a figura 15.

Figura 15: Amostras no banho em uma solução NaOH a uma temperatura de 80°C.



Fonte: Autora, 2014.

Foram realizadas medidas a cada três dias de cozimento dentro do período de 28 dias. Depois de concluído o tempo de 28 dias os resultados serão interpretados de acordo com a norma 15577-1.

A metodologia estabelece que a expansão média de três barras deva ser calculada pelo menos por três idades intermediárias antes dos 28 dias de cura agressiva, sendo que a repetibilidade é considerada satisfatória quando dois resultados dentro do mesmo laboratório, com os mesmos operadores e agregados, não diferirem mais que 8,3% da expansão média para valores acima de 0,10% aos 14 dias de cura agressiva (ABNT NBR 15577-4/2008).

Segundo a norma, os resultados devem ser expressos pela média de leituras de três barras. Os resultados classificarão o agregado como sendo inócuo, potencialmente deletério, ou deletério.

Quando o resultado obtido nesse ensaio indicar expansão menor que 0,1 % aos 30 dias de idade, o agregado pode ser considerado potencialmente inócuo para uso em concreto, (NEVILLE,1997). Caso a expansão obtida no ensaio acelerado seja maior ou igual que 0,10 % aos 30 dias de idade, o agregado é considerado potencialmente reativo.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA PRIMA

#### 4.1.1 Caracterização física e mecânica do cimento

Foram realizados ensaios físicos e mecânicos para caracterizar o cimento CP IV – 32 utilizado. Na tabela 2 estão apresentados os resultados obtidos nessa caracterização.

Tabela 2: Resultados de ensaios físicos e mecânicos no cimento CP IV -32.

Características	Dados				Normas bases
Retido peneira 75 mm (%)	26				NBR 11578/1991
Massa específica; kg/m <sup>3</sup>	2900				ABNT NBR NM 23:2001
Água da pasta de consistência normal (%)	53				ABNT NBR NM 43:2003
Tempos de pega	Início de Pega: 4h5min				ABNT NBR NM 43:2003
	Fim de Pega: 6h25min				
Resistência à compressão (MPa)	3 Dias	7 Dias	14 dias	28Dias	ABNT NBR 7215/96Versão Corrigida: 1997
	10	20	27,9	32	

Fonte: Autora, 2014.

As características físicas e mecânicas do cimento foram estabelecidas através de ensaios normativos, na qual, conforme se pode observar o percentual obtido na peneira de malha 75mm chegou á 26%. Este valor se encontra dentro dos resultados estabelecidos conforme prescreve a norma NBR 11578/1991.

A massa específica determinada foi de 2900kg/m<sup>3</sup>, segundo a ABNT NBR NM 23:2001 o limite máximo é de 3000 kg/m<sup>3</sup> e o mínimo é 2600 kg/cm<sup>3</sup>.

O ensaio para a água de pasta de consistência normal foi realizado segundo a ABNT NBR NM 43:2003, onde foi considerado como tendo consistência normal com 53%.

O tempo de pega iniciou-se com 4 horas e 5 minutos, sendo este o tempo limite no qual o concreto pode ser manuseado de maneira eficaz, período onde aumenta bruscamente a sua viscosidade ea temperatura da mistura. O fim de pega é definido como início do desenvolvimento da resistência mecânica a uma taxa significativa. Noensaio com o cimento observou-se o término com6 horas e 25 minutos.

#### 4.2.AGREGADO ( AREIA E OSTRA)

##### 4.2.1.Caracterização da Areia

Realizou-se a caracterização do agregado miúdo segundo a NBR 7211:2009.A Tabela 3apresenta os resultados de caracterização do agregado.

Tabela 3: Resultados dos ensaios de caracterização do agregado miúdo natural.

<b>Composição Granulométrica – Percentagem retida, em massa</b>		
<b>Peneira ABNT (mm)</b>	<b>Individual (%)</b>	<b>Acumulado (%)</b>
9,5	0,00	0,00
6,3	0,00	0,00
4,75	0,39	0,39
2,36	4,07	4,46
1,18	14,49	18,95
0,6	31,59	50,54
0,3	32,00	82,54
0,15	11,61	94,15
FUNDO	5,85	100
Dimensão máxima característica (mm)		2,40
Índice de Matéria Orgânica (ppm)		Menor a 300
Módulo de finura		2,51
Teor de material pulverulento (%)		1,47
Massa específica (kg/m <sup>3</sup> )		2551
Massa unitária solta (kg/m <sup>3</sup> )		1449
Torrões de Argila %		Isento

Fonte: Autora, 2014.

A Dimensão máxima característica (mm) do agregado apresentado no trabalho foi de 2,36mm.

O módulo de finura do agregado apresentado é 2,51, ficando dentro do módulo de finura da zona ótima, onde segundo a NBR 7211:2009 a zona ótima varia de 2,20 a 2,90.

#### 4.2.2 Caracterização do Pó de Concha de Ostra

Realizou-se a caracterização do resíduo pó de concha de Ostra segundo a norma NBR 7211:2009. A Tabela 4 apresenta os resultados de caracterização do resíduo.

Tabela 4: Resultados de caracterização do resíduo.

<b>Composição Granulométrica – Percentagem retida, em massa</b>		
<b>Peneira ABNT (mm)</b>	<b>Individual (%)</b>	<b>Acumulado (%)</b>
9,5	0,00	0,00
6,3	0,00	0,00
4,75	0,03	0,03
2,36	23,84	23,87
1,18	29,30	53,17
0,6	18,17	71,34
0,3	13,47	84,81
0,15	7,54	92,35
FUNDO	7,65	100,00
Dimensão máxima característica (mm)		4,75
Índice de Matéria Orgânica (ppm)		Menor a 300
Módulo de finura		3,26
Teor de material pulverulento (%)		5,05
Massa específica (kg/m <sup>3</sup> )		2538
Massa unitária solta (kg/m <sup>3</sup> )		7760
Torrões de Argila %		Isento

Fonte: Autora, 2014.

A Dimensão máxima característica (mm) do resíduo apresentado no trabalho é de 4,75mm.

O módulo de finura do resíduo apresentado é de 3,26, ficando dentro do módulo de finura da zona utilizável superior, onde segundo a NBR 7211:2009 zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.

#### 4.2.3 Determinação da Análise Química por Espectrometria de Fluorescência de Raios- X E Espectrometria de Absorção Atômica do Pó da Concha De Ostra.

O resíduo utilizado no trabalho foi proveniente de uma unidade de maricultura da cidade de Palhoça. O ensaio de caracterização química foi realizado

pelo laboratório de Desenvolvimento e Caracterização de Materiais – LDCM na cidade de Criciúma. Os resultados podem ser observados na Tabela 5.

Tabela 5 - Determinação da análise química por espectrometria de fluorescência de raios x e espectrometria de absorção atômica.

<b>Elementos</b>	<b>Teor (%)</b>	<b>Elementos</b>	<b>Teor (%)</b>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<b>0,98</b>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-
CaO	<b>50,49</b>	Li <sub>2</sub> O	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<b>0,43</b>	BaO	-
K <sub>2</sub> O	<b>0,21</b>	Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-
MgO	<b>0,73</b>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-
MnO	<b>&lt;0,01</b>	PbO	-
Na <sub>2</sub> O	<b>0,79</b>	SrO	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<b>0,18</b>	ZnO	-
SiO <sub>2</sub>	<b>3,93</b>	ZrO <sub>2</sub> +HfO <sub>2</sub>	-
TiO <sub>2</sub>	<b>0,09</b>	Perda Fogo	<b>42,18</b>

Fonte: Autora, 2014.

Pode-se perceber que a amostra analisada apresentou 50,49% de CaO, sendo este o elemento predominante. Todos os outros óxidos aparecem em concentrações inferiores á 1% excetuando o SiO<sub>2</sub> que mostra um resultado de 3,93%. Resultado que corrobora aquele apresentado por SILVA et al (2010).

Além de realizar os ensaios químicos por espectrometria, o mesmo autor realizou ensaios de Difração de Raios - X em amostras de pó de conchas de ostras e identificou que a mesma é composta por uma estrutura cristalina de calcita. Essa estrutura tem a forma trigonal apresentando uma maior porosidade.

Segundo Souza, (2008) a perda ao fogo pode ser associada a decomposição do carbonato e liberação de CO<sub>2</sub>. Na tabela 5 observa-se um valor de 42,18% de perda ao fogo, indicando um resultado de aproximadamente 93% (50,49% + 42,18%) de concentração de CaCO<sub>3</sub>.

Percebe-se ainda teores de óxidos de sódio e de potássio, trazendo a necessidade do estudo sobre a Reação Alkali – Agregado (RAA).

#### 4.3 INVESTIGAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS DA ARGAMASSA COM INCORPORAÇÃO DO RESÍDUO.

Os corpos de provas foram submetidos à análises de caracterização física e mecânica de uma argamassa com adição do resíduo do pó de concha de Ostra. As amostras foram investigadas com a incorporação de 5%, 20% e 30% seguida pela amostra piloto, todas compostas com cimento CP IV – 32. Abaixo serão apresentados todos os resultados realizados.

##### 4.3.1 Absorção

Os ensaios realizados de absorção e densidade sobre as amostras produzidas com 5%, 20% e 30% do resíduo do pó da concha de ostra e a amostra piloto são apresentados na tabela 6.

Tabela 6: Valores de absorção e densidade para as diferentes incorporações de pó da concha de Ostra.

<b>Amostra</b>	<b>Umidade (%)</b>	<b>Água/Cimento</b>
Piloto	10,92	0,53
Ostra 5%	10,88	0,58
Ostra 20 %	13,52	0,64
Ostra 30 %	14,42	0,69

Fonte: Autora, 2014.

Pode-se perceber que o aumento na quantidade de resíduo causa um aumento no teor de absorção de água na argamassa. Este comportamento observado no ensaio de absorção pode ser explicado pelo aumento da incorporação do resíduo porque, como já comentado, o resíduo apresenta uma estrutura cristalina porosa. Além disso, a concha da ostra é largamente conhecida como um indicador de toxicidade do ambiente pelas suas características de adsorção (FERNANDES, 2010; PETRIELLI, 2008).

##### 4.3.2 Tempo de Pega

Realizou-se o ensaio de tempo de pega do resíduo com as concentrações de 5%, 20% e 30% juntamente com a amostra piloto. Os resultados são mostrados na Tabela 7.

Tabela 7: Tempo de pega da amostra piloto, 5%, 20% e 30% do resíduo.

<b>Amostra</b>	<b>Início de Pega</b>	<b>Fim de Pega</b>	<b>Água/Cimento</b>
Piloto	4h5min	6h25min	0,53
Ostra 5%	3h35min	6h25min	0,58
Ostra 20%	4h15min	5h30min	0,64
Ostra 30%	4h40min	5h30min	0,69

Fonte: Autora, 2014.

As amostras com 20% e 30% de pó de concha de ostra mostraram um aumento no tempo de início de pega quando comparadas à amostra chamada piloto, que apresentou o início de pega com 4 horas e 05 minutos. Isso pode estar acontecendo por interferência de uma quantidade maior de incorporação do pó de concha de ostra nas amostras 20% e 30% do resíduo. Conforme já citado no item 6.2.3a maior concentração de poros conserva uma quantidade de água no seu interior fazendo com que o início do tempo de pega nestes dois corpos leve um tempo maior para acontecer (NEVILLE, 1997).

Como já mencionado a água está diretamente ligada ao tempo de pega, sendo que a sua quantidade elevada funciona como retardador do tempo de pega, como observado na tabela 7 o tempo de pega da amostra 5% pode-se dizer que teve a melhor relação água/cimento/areia e resíduo em função do seu tempo de pega inicial ser mais rápido.

#### 4.4 RESISTÊNCIAS MECÂNICAS

Os ensaios realizados de resistências mecânicas sobre as amostras produzidas com 5%, 20% e 30% do resíduo do pó da concha de ostra e a amostra piloto são apresentados na tabela 8.

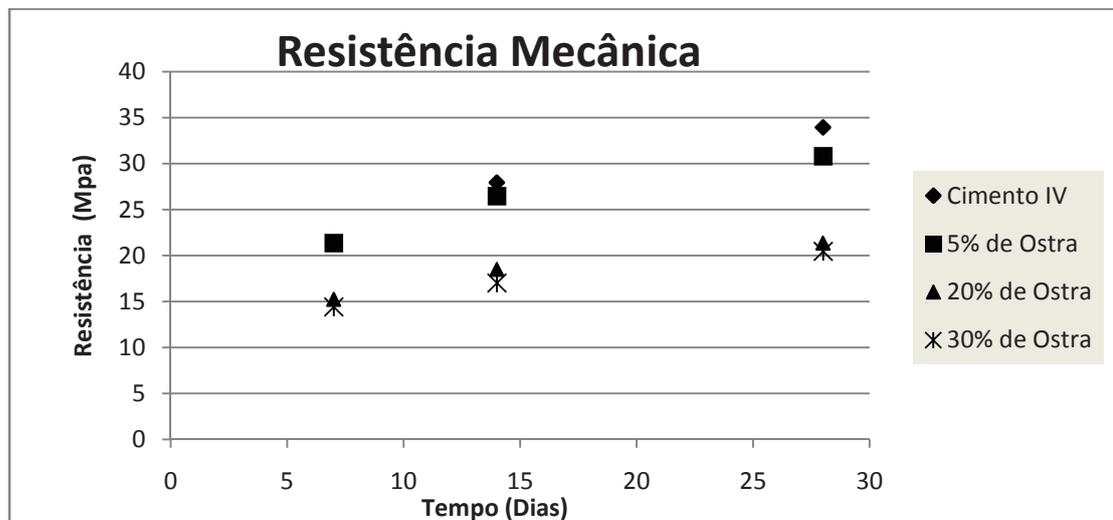
Tabela 8: Resultados da Resistência Mecânica – Mpa.

<b>Resistência Mecânica – Mpa</b>			
<b>AMOSTRA (%)</b>	<b>7 Dias</b>	<b>14 Dias</b>	<b>28 Dias</b>
Cimento IV	21,30	27,95	33,95
5	21,35	26,45	30,80
20	15,25	18,50	21,35
30	14,40	17,00	20,45

Fonte: Autora, 2014.

No Gráfico 1 é apresentado o perfil de Resistência Mecânica das diferentes incorporações realizadas.

Gráfico 1: Desempenho da resistência mecânica (Mpa).



Fonte: Autora, 2014.

Pode-se observar na Tabela 8 que a inserção do pó da concha de ostra nas amostras causa uma redução na resistência mecânica de quase 40%. Este comportamento pode estar ocorrendo provavelmente devido ao aumento no teor de água de amassamento durante a confecção dos corpos de prova.

Com a adição do resíduo foi necessário utilizar mais água para manter a mesma trabalhabilidade, logo com o aumento do uso da água tem-se uma redução na resistência mecânica (Petrucci, 1983). Para tentar compreender o resultado

anterior (tabela 1 e gráfico 1) resolveu-se repetir o procedimento mantendo o mesmo teor de água.

Mais com o aumento do resíduo a trabalhabilidade ficou dificultada, conseqüentemente teve-se que buscar novas porcentagens. Os novos ensaios realizados de resistência mecânica receberam, então, incorporação de 5%, 10% e 15% do resíduo do pó da concha de ostra. Além disso, a amostra piloto foi refeita com a mesma relação água/cimento. Desta forma pode-se observar o efeito do resíduo sem a interferência do aumento de água. Os resultados estão apresentados na tabela 9 e no gráfico 2.

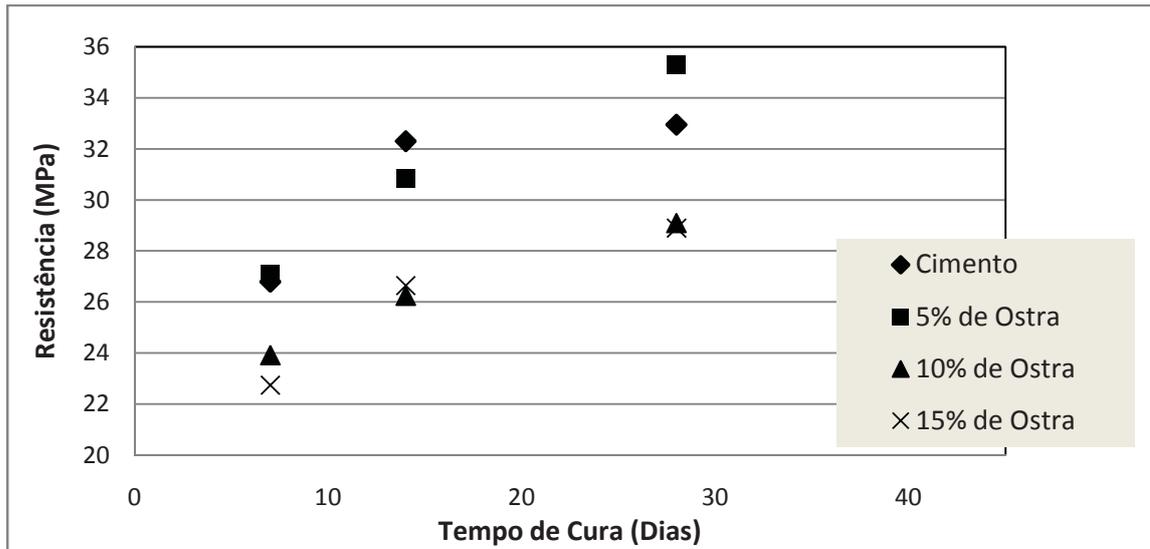
Tabela 9 - Resistência Mecânica em função da incorporação de pó da concha de ostra.

<b>Resistência Mecânica (Mpa)</b>			
<b>AMOSTRA (%)</b>	<b>7 Dias</b>	<b>14 Dias</b>	<b>28 Dias</b>
Piloto	26,80	32,30	32,95
5	27,10	30,85	35,30
10	23,92	26,25	29,10
15	22,75	26,65	28,90

Fonte: Autora, 2014.

No Gráfico 2 é apresentado o perfil de Resistência Mecânica das diferentes incorporações realizadas com 5%, 10% e 15% do pó da concha de Ostra.

Gráfico 2 – Resistência Mecânica com incorporação de 5%, 10% e 15% do pó da concha de Ostra.



Fonte: Autora, 2014.

Os novos ensaios mantendo a mesma quantidade da água nos diferentes corpos de prova indicam que o efeito da água de amassamento foi eliminado. Mesmo assim observa-se ainda uma queda de aproximadamente 12% em relação á amostra piloto. Dessa forma podem-se levantar hipóteses com relação ao resíduo para explicar este comportamento:

Uma das hipóteses levantadas é o fato do resíduo da ostra apresentar uma forma não esférica. Na moagem dos grãos obteve-se um formato lamelar. Segundo Petrucci (1983) as melhores resistências são obtidas quando o agregado apresenta uma forma esférica. A figura 16 mostra a concha de ostra no formato lamelar utilizada nos ensaios.

Figura 16: concha de ostra no formato lamelar utilizada para os ensaios.



Fonte: Autora, 2014.

Outra hipótese segundo Neville, (1997) para essa queda da resistência é o volume de resíduos no corpo de prova que absorve maior quantidade de água podendo interferir na resistência.

Ainda segundo Neville (1997) a estrutura interna do resíduo tem um efeito importante na resistência mecânica, resíduos com estrutura porosa são menos resistentes. Como já identificado anteriormente, o resíduo utilizado é identificado como poroso.

Nos gráfico 1 e gráfico 2 observa-se o mesmo comportamento para a concentração de 5% do resíduo do pó de concha de Ostra. Nos dois casos observou-se um aumento na resistência, uma hipótese é que a menor concentração do resíduo pode ter sido adequada para preencher os vazios entre os agregados, diminuindo a porosidade da argamassa. Em trabalhos futuros pretende-se repetir o ponto para verificar se o efeito se repete e então realizar mais investigações sobre este teor.

#### 4.5 INVESTIGAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÂNICAS E QUÍMICAS DA ARGAMASSA COM INCORPORAÇÃO DE CONCHA DE OSTRAS.

Segundo Nogueira (2010) o cimento Portland constitui o principal elemento para formação dos álcalis no concreto, sendo os álcalis por sua vez expressos na forma de óxido de potássio ( $K_2O$ ) e óxido do sódio ( $Na_2O$ ).

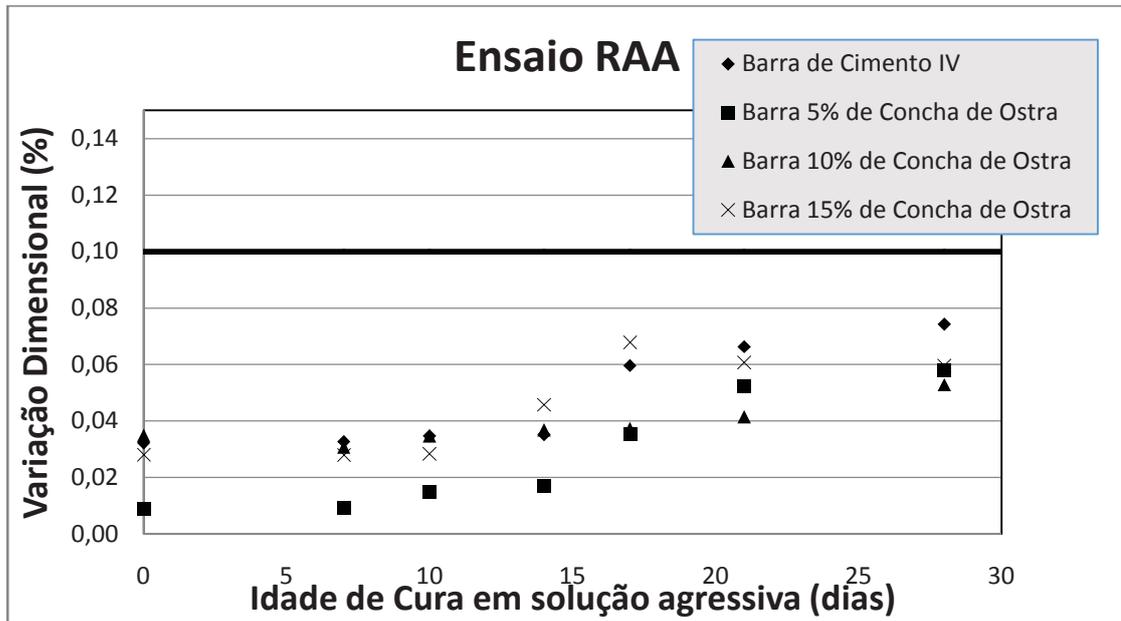
De acordo com Mehta e Monterio (2008), o teor de álcalis presente no cimento pode ser calculado de acordo com a equação de  $Na_2O$  equivalente.

$$Na_2O_{Equivalente}(\%) = Na_2O + (0,628 * K_2O)$$

No ensaio realizado sobre o resíduo encontrou-se um valor de  $Na_2O$  equivalente de 0,93%, sendo a variação limite para o cimento de até 0,60% de equivalente alcalino segundo Neville (1997). Este resultado apesar de não ser tão alto indica a necessidade de se realizar o teste de RAA.

Os resultados dos ensaios da aceleração em função dos dias de tratamento em amostras produzidas com 5%, 10% e 15% do resíduo do pó da concha de ostra e a amostra piloto são apresentados no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Perfil de expansão para as amostras que foram analisadas em meio agressivo.



Fonte: Autora, 2014.

Os resultados obtidos com o ensaio de reação Alkali – Agregado – RAA não mostram incidências de patologias no decorrer do tempo de aceleração do processo de cura ficando abaixo da variação dimensional de 0,10%. Conforme indica a NBR 15577-4 /2008, a variação dimensional de 0,10% ou superior a mesma, indica patologia na amostra.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa investigou a utilização de resíduos do pó de concha de ostras provenientes da cidade de Palhoça/SC em uma amostra de argamassa com cimento CP IV - 32. A incorporação do resíduo em diferentes concentrações de amostras de argamassa teve a finalidade de reciclar o resíduo. Obtiveram-se os seguintes resultados para confirmar a viabilidade de incorporação.

- as características físicas e mecânicas do cimento que foram estabelecidos conforme prescreve a NBR 11578, 1991 ficaram dentro do valor prescrito pela norma;

- a granulometria do agregado e do resíduo mostrou-se viável para a realização dos ensaios;

- a análise da química da concha da ostra indicou a presença de 93% de carbonato de cálcio. Este resultado foi obtido pela análise de perda ao fogo. Outros óxidos aparecem em concentrações inferiores a 1% excetuando o SiO<sub>2</sub> que mostra um resultado de 3,93%;

- todos os corpos de provas apresentaram aumento na absorção de água devido provavelmente a sua estrutura cristalina;

- as amostras apresentaram uma redução de resistência mecânica com incorporações acima de 10% do resíduo;

- as amostras no teor de 5% de incorporação do pó de concha de Ostra apresentaram uma tendência a ter resistência mecânica equivalente ao piloto.

- os ensaios de Reação Álcali – agregado mostraram que o material pesquisado é inerte a presença da patologia. Mostrando-se positivos para a incorporação do resíduo pó de concha de Ostra;

- o resíduo trabalhado apresentou características aceitáveis para utilização em argamassas na concentração 5% de incorporação de pó de ostra.

Com base nos resultados apresentados, o estudo com a incorporação de 5% do resíduo de pó de concha de ostra, se mostrou interessante indicando uma viabilidade da sua incorporação na argamassa. Mesmo inicialmente, o teor da incorporação do resíduo sendo baixo, o ganho para o meio ambiente é significativo. Trazendo uma destinação para o resíduo, contribuindo com sustentabilidade.

Neste sentido vale ressaltar que novas investigações deste teor são importantes para compreender melhor o efeito do resíduo nas reações do cimento.

## 6. REFERÊNCIAS

ANGELIS NETO, G.; ANGELIS, B. L. D. **Impactos ambientais causados pelo destino final dos resíduos sólidos urbanos de Maringá/PR**. Acta Scientiarum, Maringá, v.21, n.4, p. 929-940, 1999.

ANDRIOLO, F. R. **Reação álcali-agregado: observação de âmbito internacional**. In: simpósio sobre reatividade álcali-agregado em estruturas de concreto, 1. 1997. Goiânia. Anais... Goiânia: CBGB/FURNAS/IBRACON, 1997.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **ASTM C1260/05: Standard test method for potential alkali reactivity of aggregates (Mortar-bar method)**. Philadelphia: 2005.

ARNANGE, L. C. **Utilização de areia de fundição residual para uso em argamassa**. Joinville, 2007. 41p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós – Graduação em Ciência e Engenharia do Materiais, Universidade do Estado de Santa Catarina.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Guia básico de utilização do cimento Portland**. 7ª ed. São Paulo, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 43: Cimento Portland- Determinação da pasta de consistência normal**. 2002.

\_\_\_\_\_ **NBR NM 23: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica**. Rio de Janeiro, 2001.

\_\_\_\_\_ **NBR 5736. Cimento Portland pozolânico**. São Paulo, 1991.

\_\_\_\_\_ **NBR 7211: Agregado para concreto**. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_ **NBR 7211 - Agregado para concreto**. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_ **NBR 7215: Cimento Portland – determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro: 1996.

\_\_\_\_\_ **NBR 7225: 1993. Materiais de pedra e agregados naturais**. Rio de Janeiro, 1993.

\_\_\_\_\_ **NBR 10004:2004. Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial– Resíduos Sólidos– Classificação**, 2004, 71 p.

\_\_\_\_\_ **NBR 13281:2005. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: Requisitos**. Rio De Janeiro, 2005. 7p.

\_\_\_\_\_ **NBR 11578: Cimento Portland composto – especificação**. Rio de Janeiro:1991.

\_\_\_\_\_**NBR 15577-1:2008 Versão Corrigida 2:2009: Agregados - Reatividade álcali-agregado Parte 1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto.**Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_**NBR 15577-4:2008 Versão Corrigida 2:2009: Agregados - Reatividade álcali-agregado Parte 4: Determinação da expansão em barras de argamassa pelo método acelerado.**

BATISTA, B. B., et. al. **Bloco Verde – Reaproveitamento de Resíduos da Construção Civil e de Conchas de Ostras e Mariscos.** 2009. Disponível em:<<http://www.blocoverde.com.br/>>. Acesso em: 15 de outubro de 2014.

BOICHO, A. L., HOTZA, D.& SANT´ANNA, F. S. P. **Utilização de Conchas Da Ostra Crassostrea gigas Como Carga Para Produtos de Policloreto de Vinila (PVC).** Anais IV Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental. Porto Alegre, 2004.

BS-EN-ISO-10545. **“Determination of water absorption, apparent porosity, apparent relative density and bulk density.”** 1997.

BRANDÃO, A. M. S.; PINHEIRO, L. M. (1999). **Qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado: aspectos relativos ao projeto.** Cadernos de Engenharia de Estruturas. n.8. EESC. Universidade de São Paulo. São Carlos.

CSA A23.2-25A-00: **Detection of alkali-silica reactive aggregate by accelerated expansion of mortar bars.** Mississauga, 2000.

FERNANDES, I. D. **Blocos e Pavers: Produção e controle de qualidade.** 1. ed. 120 p. Ribeirão Preto, SP: Treino Assessoria e Treinamentos Empresariais Ltda., 2008.

FIGUEIRÔA, J. P.; ANDRADE, T. **O ataque da reação álcali-agregado sobre as estruturas de concreto.** Editora Universitária, UFPE, 2007.

HELENE, P., **Introdução da vida útil no projeto das estruturas de concreto NB/2001.** WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES. Novembro. São José dos Campos. 2001.

KASSAI, Y. **Barriers to the reuse of construction by-products and the use of recycled aggregate in concrete in Japan.** In: DHIR, R. K.; HENDERSON, N. A. 1998.

MATOS, G.; WAGNER, L. **Consumption of materials in the United States 1900-1995.** US geological survey. Annual Review of Energy and the Environment, [S.l.], n. 25, v. 23, p.9, 1999.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais.** São Paulo: PINI, 1994. 573p.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto - estrutura, propriedades e materiais.** São Paulo: Ed. IBRACON, 2008.

NASCIMENTO, I. A. **Cultivo De Ostras No Brasil: Problemas E Perspectivas.** Ciência E Tecnologia, 1983.

NEVILLE, A. M., **Propriedades do Concreto.** São Paulo: PINI, 1997. 828p.

NOGUEIRA, K. **Reação álcali-agregado: diretrizes e requisitos da ABNT,** Belo Horizonte, 2010.

PAULON, V.A. **Reações álcali-agregado em concreto.** São Paulo, Dissertação(Mestrado em Engenharia Civil) - Pós-Graduação em Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 1981. 125p.

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

PETRUCCI, E. **Concreto de cimento Portland.** Porto Alegre: Ed. Globo, 1982. 307p.

SANCHEZ, L. F. M. **Contribuição ao estudo dos métodos de ensaio na avaliação das reações álcali-agregado em concretos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) -Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. 2008. 168p.

SANTOS, Milton. **A Natureza do espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.

\_\_\_\_\_. **A urbanização brasileira.** São Paulo: Hucitec, 1993.

\_\_\_\_\_. **Espaço e método.** São Paulo: Ed. Nobel, 1997.

SILVA, M. G. **Reciclagem de cinza de casca de eucalipto e entulho de obra de componentes de construção.** In: WORKSHOP RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL, 1., 1996, São Paulo. Anais... São Paulo: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1997. p. 99-105.

SILVA, M.G.;SOUZA, F. L. e SILVA, V. G. **Reciclagem de cinzas de cascas de eucalipto e entulho de obra em componentes de construção.** In: WORKSHOP RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL, 1., 1996, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Antac, 1996. P.102– 108.

SOUZA R.G.**Estudo de pozolana auto-clavada baseada em óxido de cálcio.** Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2008.

SANT'ANNA, F. S. P. et. al. **Projeto Valorização dos Resíduos da Maricultura. Subprojeto3: Soluções Tecnológicas Para o Aproveitamento de Conchas de Ostras. Laboratório de Gestão Ambiental na Indústria.** Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC, Dezembro, 2007.

STANTON, T. E. **Expansion of concrete through reaction between cement and aggregate.** In: Proceedings of American Society of Civil Engineers. v. 66, n. 10. Dec. 1940, p. 1781-1811.

THOMAS, M. et al. **Test methods for evaluating preventive measures for controlling expansion due to alkali-silica reaction in concrete.** Cement and Concrete Research. Jun 2006.

**ANEXOS**

## Anexo A - Granulometria

A NBR 11579/1991 determina colocar 50 gramas de cimento sobre a tela da peneira e fazer movimentos de maneira que o cimento se espalhe sobre a superfície da tela. Dessa forma, peneirou-se o material até que os grãos mais finos passassem quase que totalmente pelas malhas da tela, a ocorrência se deu em um intervalo entre 3 min a 5 min. Em seguida continuou o peneiramento com suaves movimentos de vaivém horizontais, em intervalos de 15 min a 20 min. A figura 16 mostra as peneiras utilizadas no procedimento.

Figura 17: Peneiras com Granulometrias diferentes utilizadas no procedimento



Fonte: Autora, 2014.

Completado essa etapa, limpou-se a tela da peneira com auxílio de um pincel médio, foi recolhido todo o material e transferido para o fundo. Após, juntou-se todo o material do fundo (passante) e foi recolhido todos os grãos contidos com auxílio do pincel pequeno e passamos para um recipiente (vidro-relógio). Finalizou-se esse processo com a pesagem em precisão de 0,01 g.

## Anexo B - Tempo de Pega e Água da pasta de consistência normal.

Nesta etapa utilizou-se cimento e água. Foi calculada a porcentagem de água necessária para obtenção da consistência normal da pasta de cimento. A água de amassamento foi adquirida a partir de vários ensaios, até chegar ao ideal. Nesse ensaio foi utilizado o Aparelho de Vicat e o Misturador mecânico. A figura 17 mostra o aparelho Vicat utilizado para o procedimento.

Figura 18: Aparelho de Vicat.



Fonte: Autora, 2014.

A figura 18 ilustra o aparelho misturador mecânico, utilizado para produzir as amostras.

Figura19. Misturador Mecânico.



Fonte: Autora, 2014.

## Anexo C - Tempo de Pega

Foi confeccionada uma argamassa, com volume necessário para preencher o molde até a altura mínima de 135 mm.

A argamassa produzida com a utilização dos materiais passantes na peneira 4,75mm foram misturados até que obtivessem uma homogeneidade. Depois de homogeneizado manualmente, a argamassa sofreu 10 golpes uniformemente distribuídos.

Depois de bater levemente a haste na lateral do molde para a retirada de vazios, deixou-se a superfície plana e tampou-se com uma placa de plástico para ser levada à câmara úmida.

Após a retirada da água de exsudação da argamassa, a amostra foi acoplada ao penetrômetro e realizou-se a leitura. Com a agulha adequada à consistência da argamassa, penetrou-se a agulha em 25 mm, verticalmente, sem choques. A figura 19 mostra os moldes utilizados para o ensaio.

Figura 20: Moldes utilizados no ensaio.



Fonte: Autora, 2014.

O tempo necessário para a penetração de 25 mm foi de aproximadamente 10 s, e a força empregada juntamente com o tempo decorrido a partir do contato da água com o cimento, foram anotados. A distância mínima entre os pontos de penetração da agulha deve ser o dobro do diâmetro da agulha que está sendo

usada, e nunca inferior a 15 mm e a distância entre esse ponto e o lado do recipiente sempre superior a 25 mm. Na ilustração 20 mostra o procedimento de tempo de pega em concreto sendo realizado.

Figura 21: Penetrômetro.



Fonte: Autora, 2014.

Os ensaios foram realizados com intervalos máximos de 1 hora até o início do tempo de pega, sendo que após este tempo, o início de pega dos intervalos foram de 30 minutos até a resistência à penetração. Foram realizadas determinações de penetração a intervalos regulares de tempo. Na figura 21 mostra o ensaio de tempo de pega de realizado.

Figura 22: Ensaio de tempo de pega realizado com Penetrômetro.



Fonte: Autora, 2014.

A ilustração 22 mostra os moldes após o ensaio de tempo de pega da argamassa.

Figura 23: Moldes após o ensaio de tempo de pega.



Fonte: Autora, 2014.

## Anexo D - Massa específica e Absorção

Após a pesagem, a matéria prima foi seca em estufa e em seguida submerso em água destilada, ficando o tempo suficiente para garantir que os poros permeáveis ficassem repletos de água. Após foi necessário escorrer e secar o material com pano úmido e pesá-los novamente nestas condições, obtendo assim a massa na condição saturada com superfície seca. Tratado o material para pesagem submersa (suporte + peneira), o material foi introduzido no dispositivo e pesado de forma submersa, obtendo assim a massa submersa do material. Na figura 23 mostra a balança hidrostática utilizada para realizar o ensaio.

Figura 24: Balança hidrostática.



Fonte: Autora, 2014.

Após a determinação da massa seca, foi necessária a obtenção da massa saturada em água e massa saturada submersa. Tomamos como base as seguintes medidas:

- $m_1$  = massa do corpo de prova seco;

- $m_2$  = massa do corpo de prova “saturado”, após saturação de água em câmara de vácuo;
- $m_3$  = massa do corpo de prova submerso;

A partir destes dados pode-se calcular os valores de massa específica e absorção.

A massa específica aparente considera o volume do material levando em conta os poros abertos. Desta forma, a densidade aparente pode ser calculada a partir da Equação 1.

$$d = \frac{m_1}{m_2 - m_3} \quad (1)$$

A absorção é calculada segundo a equação 2. O valor de A é a absorção de cada corpo-de-prova, em seguida é realizada a média correspondente de A.

$$A = \frac{Mh - Ms}{Ms} \times 100 \quad (2)$$

- Mh = massa do corpo-de-prova saturado em água;
- Ms = massa do corpo-de-prova seco em estufa;
- A = Absorção.