

UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE DE
ECOSSISTEMAS COSTEIROS E MARINHOS
MESTRADO EM ECOLOGIA

COMPOSIÇÃO DA BIOTA MARINHA INCRUSTANTE EM
DIFERENTES SUBSTRATOS E SUA INFLUÊNCIA NA RESISTÊNCIA DOS
MATERIAIS

PAULO EDUARDO DE OLIVEIRA ANDRADE

SANTOS/SP
2016

PAULO EDUARDO DE OLIVEIRA ANDRADE

**COMPOSIÇÃO DA BIOTA MARINHA INCRUSTANTE EM
DIFERENTES CORPOS DE PROVA E SUA INFLUÊNCIA NA RESISTÊNCIA
DOS MATERIAIS**

Dissertação apresentada à
Universidade Santa Cecília como
parte dos requisitos para a obtenção
de título de mestre no Programa de
Pós-Graduação em Sustentabilidade
de Ecossistemas Costeiros e
Marinhos, sob a orientação do Prof.
Dr. Roberto Pereira Borges.

**SANTOS/SP
2016**

Autorizo a reprodução parcial ou total deste trabalho, por qualquer que seja o processo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos.

.

Andrade, Paulo Eduardo de Oliveira.

Análise comparativa da colonização de organismos marinhos do Estuário de Santos em corpos de prova de concreto simples, concreto com fibras de coco e de rocha e sua relação com as resistências dos materiais/Paulo Eduardo de Oliveira Andrade

-- 2016.

n. de f.

91

Orientador: Prof. Dr. Roberto Pereira Borges

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos, Santos, SP, 2016.

1. incrustação. 2. recrutamento. 3. concreto. 4. resistência dos materiais. 5. estuário.

I. Borges, Roberto Pereira, orientador.

II. Composição da biota marinha incrustante em diferentes corpos de prova e sua influência na resistência dos materiais.

Dedico este trabalho a minha esposa Hilda Maria pelo apoio e compreensão, aos meus filhos, Pedro Henrique e Laura, minhas fontes de inspiração e motivação para continuar e em especial a memória de meu grande amigo José Ademir Bolsonaro, incentivador em todos os momentos que caminhamos juntos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Professor Dr. Roberto Pereira Borges, orientador e colaborador neste trabalho por compartilhar seu conhecimento e experiência e ainda pelas sugestões que nortearam esta pesquisa.

A Marinha do Brasil, em especial ao Capitão dos Portos Ricardo Fernandes Gomes por ter cedido a área que serviu de local para estudo e pela disponibilização de máquinas, equipamentos e pessoal para a realização da pesquisa de campo.

Ao Capitão-de-Mar-e-Guerra Carlos Roberto de Almeida Bastos pelo apoio e incentivo para a realização da parceria com a Marinha do Brasil.

A todos os professores doutores do mestrado que me proporcionaram uma nova visão sobre Ecologia e aos meus colegas do curso que se tornaram amigos e colaboradores.

Aos Professores do curso de Engenharia Civil da Unisanta Eng. José de Ramos de Almeida Batista e Eng. Orlando Carlos Damin e Coordenadora do curso Eng^a Nilene Janini de Oliveira Seixas por terem me incentivado a iniciar o curso de mestrado.

Aos meus filhos Pedro Henrique Simões Andrade e Laura Simões Andrade pelo incentivo, pela dedicação e pela inestimável colaboração para realização desta dissertação.

Em especial agradeço a minha mãe Creusa de Oliveira Andrade pela educação que me proporcionou, pelo incentivo incondicional e por compreender as ausências nos momentos em que me dediquei a esta dissertação.

“Os Estados, quando apropriado, deveriam desenvolver políticas para aumentar a abundância das populações e incrementar as oportunidades de pesca mediante a utilização de estruturas artificiais, respeitando a segurança da navegação, por cima, no fundo do mar e à superfície. Deveria promover a pesquisa sobre a utilização dessas estruturas, incluindo-se os efeitos sobre os recursos marinhos vivos e o meio ambiente.”

Código de Conduta para uma Pesca

Responsável – ONU/FAO - 1995

RESUMO

A produção de Recifes Artificiais Marinhos pode ser considerada, se for executada de maneira responsável, uma forma de minimizar problemas ambientais e criar soluções para questões sociais e econômicas que envolvem a pesca no território brasileiro e as comunidades pesqueiras. Estas estruturas rígidas quando confeccionadas em concreto devem se enquadrar dentro de critérios técnicos e científicos padronizados para não interferirem de forma negativa no meio marinho e sim criarem ambientes de grande diversidade e importância econômica. O objetivo deste trabalho foi comparar corpos de prova de materiais que podem ser utilizados na confecção destas estruturas (concreto, concreto com fibras naturais e rocha), submetidos a um ambiente seco e imersos em água do estuário da cidade de Santos/SP e analisar nestes três materiais, dois principais aspectos: a colonização e sucessão biológica ao longo de três meses e a influência da incrustação de organismos do ambiente marinho na resistência a compressão destes materiais. Os métodos fotográficos utilizados para análise das incrustações e os métodos destrutivos utilizados para os testes de resistência à compressão geraram dados que foram analisados estatisticamente para se determinar se existe diferença significativa entre os diversos materiais quanto à resistência e a colonização e sucessão biológicas estabelecendo assim uma relação entre resistência à compressão e incrustação de organismos marinhos. Deste modo é possível verificar a viabilidade da utilização destes materiais na produção e implantação de recifes artificiais.

Palavras-Chave: incrustação. recrutamento. concreto. resistência dos materiais. estuário.

ABSTRACT

Production of Artificial Reefs Marine can be considered if performed responsibly, one way to minimize environmental problems and create solutions to social and economic issues involving fisheries in Brazil and fishing communities. These rigid structures when made of concrete must fall within technical and scientific criteria standardized to not interfere negatively on the marine environment but create environments of great diversity and economic importance. The objective of this study was to compare specimens of materials that can be used in the manufacture of these structures (concrete, concrete with natural fibers and rock), subjected to a dry, immersed environment in estuary water from the city of Santos / SP and analyze these three materials, two main aspects: the colonization and biological succession over three months and the influence of fouling organisms in the marine environment compressive strength of these materials. The photographic methods used for analysis of the fouling and the destructive methods used for compressive strength testing generated data was statistically analyzed to determine if there is a significant difference between the different materials for resistance and biological colonization and succession thereby establishing a relationship between compressive strength and fouling of marine organisms . In this way it is possible to verify the feasibility of the use of these materials in the production and implantation of artificial reefs.

Keywords: fouling. recruitment. concrete. strength of materials. estuary.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama adaptado de Wahl (1989), da sucessão biológica que desencadeia a formação de biofilme	21
Figura 2 - Frame do vídeo da implosão na pedreira da cidade do Capão do Leão-RS, https://www.youtube.com/watch?v=md69w3WW2eg . Acesso em 12 dezembro de 2014	26
Figura 3 - Classes de agressividade ambiental, adaptada da tabela da norma ABNT NBR 6118 - 2007	27
Figura 4 - Pátio com tetrápodes, http://www.hassouni.ma/les-tetrapodes . Acesso em 12 dezembro 2014.....	28
Figura 5 - Testes do protótipo Xbloc, Hakenberg et al. (2004).....	28
Figura 6 - Mapa da Cidade de Santos e área de estudo. https://santosturismo.wordpress.com/mapa . Acesso em 17 maio de 2015.....	34
Figura 7 - Capitania dos Portos e área de estudo. https://www.imagensaereas.com.br/cidades/santos . Acesso em 17 maio de 2015	34
Figura 8 - Dimensões padronizadas dos CPs – Norma ABNT NBR 5738, 2002	36
Figura 9 - Perspectiva isométrica da estrutura da forma.....	37
Figura 10 - Fôrmas produzidas	38
Figura 11 - Detalhe da concentricidade dos tubos	38
Figura 12 - Verificação do abatimento.....	40
Figura 13 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto. Adaptada da tabela da norma ABNT NBR 6118 – 2007.....	41
Figura 14 - Composição do concreto para os corpos de prova.....	41
Figura 15 - Traço do concreto para os corpos de prova.....	42
Figura 16 - Adensamento manual do concreto com haste	43
Figura 17 - Corpos de prova deformados	43
Figura 18 - Cura dos corpos de prova na câmara úmida	44

Figura 19 - Caixa com as amostras de granito	46
Figura 20 - Operação de corte do tarugo de rocha	47
Figura 21 - Detalhes da amarração e fixação dos CPs no sistema de flutuação.....	49
Figura 22 - CPs separados por tipos	50
Figura 23 - Transporte e descarregamento do material	50
Figura 24 - Sistema de flutuação já instalado.....	51
Figura 25 - Sequência de lançamento do sistema	52
Figura 26 - Sistema de flutuação já instalado.....	52
Figura 27 - Ordem sorteada para a coleta	53
Figura 28 - Procedimentos de coleta.....	54
Figura 29 - Cps retirados da água.....	54
Figura 30 - Prensa Universal de Ensaio	55
Figura 31 - Faces do corpo de prova em contato com a prensa	55
Figura 32 - Uso do indicador de pH (fenolftaleína) – Detalhe	56
Figura 33 - Base para máquina fotográfica	57
Figura 34 - Sequência de aproximação das imagens	57
Figura 35 - Base de apoio – vista lateral	58
Figura 36 - Sequência do uso do container plástico.....	58
Figura 37 - Fotografia com CP imerso.	60
Figura 38 - Comparação das imagens ao ar e submersa	60
Figura 39 - Método de quantificação	61
Figura 40 - Evolução da incrustação ao longo do período da pesquisa	62
Figura 41 - Procedimentos de raspagem	63
Figura 42 - Área útil de coleta	63

Figura 43 - Evolução da média das resistências a compressão ao longo das coletas	68
Figura 44 – Evolução da média das resistências a compressão dos CPs de concreto ao longo das coletas.....	74
Figura 45 – Diversidade de Shannon H' LOG 2 E Shannon Hill (Rocha).....	83
Figura 46 – Índice de riqueza (Rocha)	84
Figura 47 – Índice de dominância (Rocha).....	84
Figura 48 – Diversidade de Shannon H' LOG 2 E Shannon Hill (CS e CF)	85
Figura 49 – Índice de riqueza (CS e CF)	85
Figura 50 – Índice de dominância (CS e CF)	86
Figura 51– Análise de agrupamento em modo R utilizando o índice de similaridade de Kulczynski, fusão Ligação completa.....	88
Figura 52 – Análise de agrupamento utilizando o índice de similaridade de Morisita-Horn, fusão UPGMA	88

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados dos ensaios nos corpos de prova de rocha – condição seca.....	66
Tabela 2 – Resultados dos ensaios nos corpos de prova de rocha – condição submerso.....	67
Tabela 3 – Resultados dos ensaios nos corpos de prova de concreto simples – condição seca	69
Tabela 4 – Resultados dos ensaios nos corpos de prova de concreto simples – condição submerso	70
Tabela 5 – Resultados dos ensaios nos corpos de prova de concreto com adição de fibra de coco – condição seca	71
Tabela 6 – Resultados dos ensaios nos corpos de prova de concreto com adição de fibra de coco – condição submerso	72
Tabela 7 – Organismos encontrados	75
Tabela 8 - Recobrimento percentual em rocha	77
Tabela 9 - Recobrimento percentual em concreto simples	78
Tabela 10 - Recobrimento percentual em concreto com fibras	79
Tabela 11 - Índices ecológicos calculados sobre o total de CPs de rocha no momento de cada coleta	84
Tabela 12 - Índices ecológicos calculados sobre o total de CPs de Concreto Simples no momento de cada coleta	86
Tabela 13 - Índices ecológicos calculados sobre o total de CPs de Concreto com Fibras no momento de cada coleta	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	—	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABCP	—	Associação Brasileira de Cimento Portland
CP	—	Corpo de Prova
CPs	—	Corpos de Prova
CPIII RS 32	—	Cimento Portland de Alto Formo - TIPO III – Resistente a sulfatos – Classe de resistência 32
fck	—	Resistência característica à compressão do concreto
IBAMA	—	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
NBR	—	Denominação de norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas
SEAP	—	Secretaria especial de aquicultura e pesca
tnf	—	Tonelada-força
UNISANTA	—	Universidade Santa Cecília

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1 RECIFES ARTIFICIAIS.....	17
1.2 SUCESSÃO ECOLÓGICA.....	19
1.2.1 SUCESSÃO NA COLONIZAÇÃO BIOLÓGICA DE SUPERFÍCIES SUBMERSAS.....	19
1.2.2 DEPENDÊNCIA DO SUBSTRATO PARA A INCIDÊNCIA DE INCRUSTAÇÃO	20
1.3 ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO	21
1.3.1 PROPRIEDADES DOS MATERIAIS	22
1.4 MATERIAIS EMPREGADOS EM OBRAS MARÍTIMAS	24
1.4.1 ROCHA.....	25
1.4.2 CONCRETO	26
1.5 MATERIAIS ALTERNATIVOS	29
1.5.1 FIBRA DE COCO.....	29
1.6 JUSTIFICATIVA.....	30
2. OBJETIVOS DO TRABALHO.....	32
2.1 OBJETIVO GERAL	32
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	32
3. METODOLOGIA.....	33
3.1 LOCAL DE ESTUDO	33
3.2 CORPOS DE PROVA.....	35
3.3 MATERIAIS	39
3.3.1 CONCRETO SIMPLES.....	39
3.3.1.1 TRAÇO ADOTADO.....	40
3.3.1.2 MODELAGEM, DESENFORMA E CURA.....	42

3.3.2 CONCRETO COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE COCO.....	44
3.3.3 ROCHA.....	45
3.4 SISTEMA DE FLUTUAÇÃO	47
3.5 COLETA	53
3.6 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	54
3.7 AMOSTRAGEM BIOLÓGICA	56
3.7.1 PROCEDIMENTO FOTOGRÁFICO	58
3.7.2 PROCEDIMENTO DE RASPAGEM	62
3.8 TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS	64
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	66
4.1 RESULTADOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO.....	66
4.1.1 CORPOS DE PROVA DE ROCHA.....	66
4.1.2 CORPOS DE PROVA DE CONCRETO SIMPLES.....	69
4.1.3 CORPOS DE PROVA DE CONCRETO COM FIBRA DE COCO .	71
4.2 RESULTADO DAS INCRUSTAÇÕES	74
4.2.1 OCORRÊNCIA DE ORGANISMOS.....	75
4.2.1.1 RECOBRIMENTO PERCENTUAL.....	77
4.2.2 ÍNDICES ECOLÓGICOS	83
4.2.2.1 ÍNDICES DA ROCHA	83
4.2.2.2 ÍNDICES DO CONCRETO SIMPLES E CONCRETO COM FIBRAS	85
5. CONCLUSÃO.....	90
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
ANEXO 1	99
ANEXO 2.....	101

1. INTRODUÇÃO

As pesquisas a respeito das comunidades incrustantes em substratos artificiais ou “*fouling*”, particularmente nas duas últimas décadas, tem se multiplicado com relação às estratégias de ocupação do substrato pelas larvas, que é a superfície em que os microrganismos se fixam (AL-JUBOORI; YUSAF, 2012). Este é um tema ainda com lacunas de conhecimento.

Com foco na criação de bases para um projeto multidisciplinar nas áreas de biologia e engenharia, visando a construção de recifes artificiais, este estudo leva em conta não só as resistências e durabilidade destas estruturas, mas também a interação dos materiais que as constituem com os organismos marinhos. É sabido que existem relações físicas, químicas e biológicas que interferem no assentamento de larvas. Autores como Pasmore *et al.*, (2002) estudaram os efeitos da rugosidade e da forma do substrato em relação ao desenvolvimento do biofilme. O biofilme se refere primariamente à comunidade bacteriana que se instala sobre a superfície. Nestes estudos concluíram que as superfícies mais lisas apresentaram uma maior dissociação das células, tendo por consequência menores taxas de bioincrustação, ao passo que outros estudos como os de Dürr e Thomason (2010) tratam da influência dos diferentes materiais nos quais os organismos incrustam.

Em ambos os casos, esses estudos evidenciaram que existem interferências na colonização inicial, em maior ou menor grau, dependendo do tipo e composição do substrato. Contudo, os biofilmes que se formam sobre as superfícies parecem ser a chave para a atração das larvas (JARRET, PECHENIK, 1997). Tratando-se do uso de materiais mais comumente utilizados para a construção de recifes artificiais, este estudo levanta possibilidades de favorecimento da formação do biofilme devido ao acréscimo de fibra de coco ao concreto. A comparação desse substrato com concreto simples e com a rocha visa avaliar alterações na incrustação por organismos marinhos.

O desenvolvimento dessas bactérias pode ser fortemente influenciado pela química do material que compõe a superfície a ser colonizada e esse

efeito é de grande interesse na área da construção naval e engenharia civil, pois pode significar maior ou menor incrustação sobre as superfícies, que podem tanto ser cascos de embarcações como estruturas de sustentação imersas no mar (GARRET *et al.*, 2008). Neste estudo abordou-se desde a disponibilidade dos materiais que foram empregados, que variam de região para região e escolhidos então os mais abundantes, portanto mais fáceis de serem encontrados e também com custo menor. Foram demonstrados também os métodos e equipamentos para a obtenção da matéria prima para futuros recifes artificiais, suas propriedades, principalmente no que tange aos estudos sobre resistências à compressão. Devido aos esforços a que estas estruturas serão submetidas não só quando submersas, pelos efeitos das marés, como também ao serem erguidas e transportadas até o local definitivo no fundo oceano, é necessário que sejam projetadas para resistir a estes esforços. Ao se relacionar incrustação de organismos marinhos com resistências dos materiais esperava-se responder a algumas questões importantes. Como se caracterizam as comunidades em termos de riqueza e dominância durante o período de estudo? Essas características são similares nos diversos substratos? Alguns destes materiais testados têm suas resistências alteradas em função desta incrustação?

1.1 RECIFES ARTIFICIAIS

“O conceito “recife artificial” define um conjunto de atividades que visa à remodelagem do ecossistema marinho com a oferta de novos habitats” (SEAP, 2003 apud SEAMAN & SPRAGUE, 1991; SEAMAN, 2000).

Utilizado em vários países como um excelente instrumento na conservação ambiental, estas estruturas construídas pelo homem com técnicas e materiais dos mais variados como cascos de navios, estruturas de concreto ou rocha natural, são quando utilizados com responsabilidade, uma excelente ferramenta na gestão dos recursos pesqueiros e na conservação da biodiversidade marinha (SEAP, 2003).

A criação de recifes artificiais é uma alternativa que surge para incrementar a produtividade de sistemas marinhos, criando áreas onde a pesca predatória fica inviabilizada combatendo a degradação causada pela pesca de arrasto, pois impede o uso de redes dando oportunidade para as comunidades pesqueiras que tem na pesca artesanal seu meio de sobrevivência.

De acordo com a Instrução Normativa nº 125 do IBAMA, a implantação destas estruturas de concreto tem como objetivo criar ecossistemas artificiais similares ao substrato rochoso que possam atrair peixes e que forneçam substrato para a fixação dos organismos marinhos conservando a biodiversidade. Segundo Harris (2003), áreas costeiras degradadas onde se deseja aumentar a diversidade biológica, incentivar o turismo subaquático e a pesquisa científica, são locais ideais para a implantação destas estruturas. Os locais escolhidos pela maioria dos projetos de implantação de recifes artificiais são normalmente áreas de sedimentos arenosos e que possuem espécies de peixes com pouco valor comercial. Outra finalidade dessas estruturas é proporcionar maior atrativo para turismo ecológico e esportivo.

“Os resultados do uso destas estruturas de manejo de recursos pesqueiros são variados e podem influenciar no alcance de objetivos e interesses comuns do governo e da sociedade civil, como a preservação ambiental e a exploração sustentável de espécies marinhas associadas” (SEAP, 2003).

Grande parte dos estudos envolvendo recifes artificiais são voltados ao uso prático destas estruturas, envolvendo, portanto, os materiais que os compõem, o projeto e a execução da estrutura propriamente dita, sendo o aspecto biológico nestes trabalhos, relegado a um segundo plano (SVANE & PETERSEN, 2001).

Segundo Godoy & Coutinho, (2002) poucos estudos experimentais, principalmente os quantitativos, levantam questões tróficas e de produção, no entanto compreender a sucessão ecológica que ocorre nos períodos iniciais da implementação de um recife artificial é de extrema importância para o sucesso

do projeto, pois se pode a partir destes estudos, avaliar a eficiência na colonização do substrato pelos organismos marinhos.

1.2 SUCESSÃO ECOLÓGICA

Conforme Power *et al.* (1996), para se avaliar corretamente os impactos humanos nas zonas costeiras são necessários estudos aprofundados sobre vários aspectos, em especial a composição da fauna e flora, a dinâmica populacional das espécies-chave locais e os mecanismos que estruturam e regulam estas comunidades. A instalação de recifes artificiais requer, portanto, critérios para que tenhamos algum controle de como as comunidades se instalam e se modificam durante a sucessão.

“A sucessão depende, em grande parte, da capacidade de recolonização das espécies envolvidas e, particularmente, da eficiência do recrutamento e da disponibilidade de propágulos” (SOUSA, 1984).

1.2.1 SUCESSÃO NA COLONIZAÇÃO BIOLÓGICA DE SUPERFÍCIES SUBMERSAS

Segundo Thompson *et al.*, (2004), as superfícies rígidas submersas, que podem ser rochas e algumas espécies de animais marinhos e de algas, formam substratos que serão em pouco tempo colonizados por microorganismos, sendo que esta colonização se dá inicialmente pela formação de um biofilme composto por associações de microrganismos.

Desde que os estudos de Zobell e Allen em 1935 demonstraram que as bactérias marinhas exercem enorme influência na fixação das larvas, esta indução a fixação parece relacionada a produção de certos compostos pelos microorganismos que geram a formação de muco e outras substâncias que mantêm o biofilme íntegro e dão as rochas a tonalidade verde escuro devido a vários pigmentos como a clorofila, por exemplo, e as tornam também escorregadias.

1.2.2 DEPENDÊNCIA DO SUBSTRATO PARA A INCIDÊNCIA DE INCRUSTAÇÃO

Os padrões de sucessão podem ser influenciados por vários fatores. Em uma dada escala de tempo, como adotada neste estudo, fenômenos físicos como perturbações e alterações ambientais (ressacas, mudanças na salinidade e pH, alterações bruscas de temperatura, etc.), dispersão larval e recrutamento, aliadas as interações biológicas como predação e competição, principalmente nos estados iniciais de sucessão modificam os padrões e mecanismos das formas como estas comunidades se sucedem tornando-os ainda mais complexos e dependentes do contexto em que acontecem (BERLOW, 1997).

A dependência das propriedades físico-químicas, principalmente nos estados iniciais da formação do biofilme, influencia a adsorção das substâncias orgânicas e inorgânicas, permitindo a dissolução de substâncias capturadas da água em partículas fornecendo nutrientes para os organismos do biofilme, podendo ser previstos e conduzidos de forma a acelerar este processo (FLEMMING, 2009). Segundo Thompson, Norton & Hawkins (2004) com o tempo, fatores biológicos se sobrepõem ganhando importância progressiva conforme o substrato é colonizado por bactérias, diatomáceas, protozoárias, leveduras e estados iniciais de algas e animais marinhos mais complexos (figura 1).

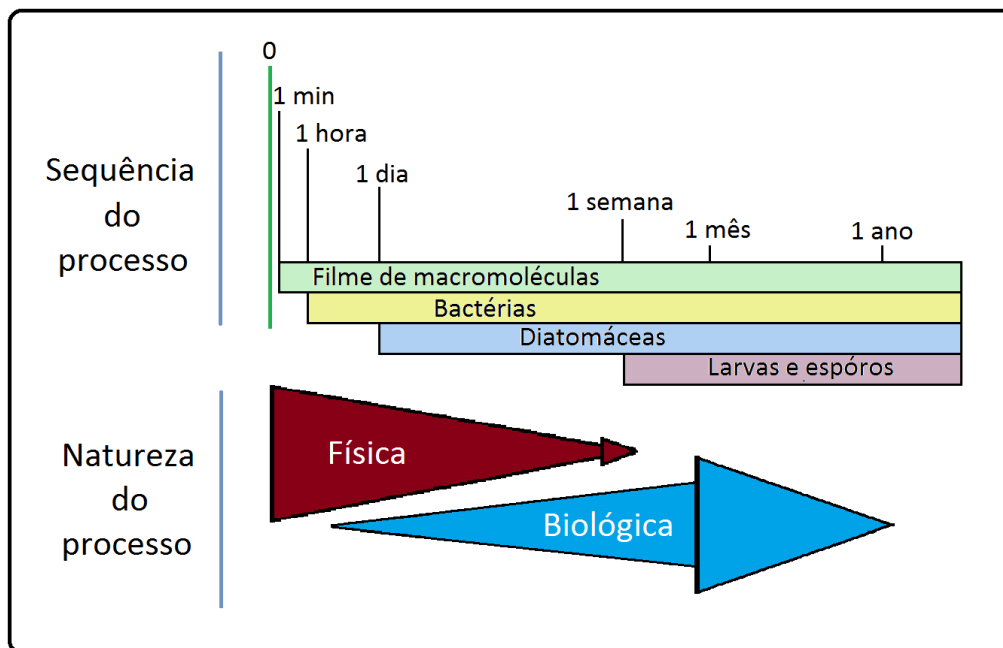


Figura 1 - Diagrama adaptado de Wahl (1989), da sucessão biológica que desencadeia a formação de biofilme.

1.3 ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO

Para expandir economicamente a pesca e os estoques pesqueiros no país e ao mesmo tempo implementar áreas de preservação e recreação, existe a necessidade de se criar novas áreas de reprodução e de abrigo para as espécies marinhas, mas nem toda região costeira está naturalmente propícia a implantação de um recife artificial. Alguns fatores devem ser levados em conta no processo de escolha da área de implantação, tais como: o conhecimento prévio dos diferentes usos da pesca embarcada no local, evitando-se assim, possíveis conflitos de interesses com o uso histórico realizado pela população pesqueira que também deve ser receptiva à transferência de conhecimentos e experiências permitindo a continuidade das ações ao longo do tempo. (POLLARD, 1989; BETANCOURT et al., 1994). As escolhas dos locais além dos critérios biológicos como profundidade de até 20 metros e o tipo de substrato, que basicamente se constituem de sedimentos arenosos em áreas de plataforma, já que os recifes artificiais devem preferencialmente ser instalados em áreas pobres em espécies de valor comercial, devido à escassez de substrato apropriado nestas áreas (Mottet, 1986). Devem seguir também os

critérios utilizados nas obras de engenharia. Métodos tradicionais utilizados nestas obras, aliados principalmente ao emprego de novas tecnologias e métodos construtivos, tornaram locais antes inadequados a se tornarem áreas com boas condições para a instalação destas estruturas (ALFREDINI; ARASAKI, 2014).

Podemos utilizar, por exemplo, na construção de recifes artificiais alguns conceitos amplamente difundidos na construção de molhes e quebra-mares. Segundo Alfredini e Arasaki, (2014), a construção destas estruturas está sujeita a um estudo detalhado antes do início da obra, tais como: as condições geográficas e climáticas locais, as características do mar na região, a logística do transporte de materiais da composição da estrutura, os métodos construtivos, os impactos ambientais causados durante a execução e após a conclusão da obra além do orçamento financeiro bem elaborado visando um menor custo. Este planejamento adequado faz com que a implantação de um recife artificial não cause danos ao meio ambiente, como alterações severas nas comunidades biológicas marinhas locais e adjacentes assim como nos padrões oceanográficos locais.

1.3.1 PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

Lopes (2008) afirma que todos os materiais possuem características próprias conhecidas como propriedades. Estas, que podem ser físicas ou químicas, estão diretamente relacionadas à natureza das ligações existentes entre os átomos deste material.

Desde o processo de fabricação até a utilização do material são as propriedades físicas que determinam seu comportamento, o que será determinante também na escolha da matéria prima para um determinado uso. Dentre as propriedades físicas, as propriedades mecânicas podem ser avaliadas quando o material fica exposto a esforços de natureza mecânica, podendo-se determinar assim, sua capacidade de transmitir ou resistir a estes esforços aplicados (LOPES, 2008).

“Resistência mecânica – As peças de concreto estão sujeitas a todo tipo de solicitação, podendo ser de tração, flexão ou torção, mas as características desse material colocam a resistência à compressão como sua principal propriedade mecânica, visto que esta é bem superior quando comparada as demais resistências” (GALVÃO, 2003).

A resistência à tração e resistência à compressão são propriedades mecânicas de um material e são determinadas a partir de ensaios de laboratório, utilizando-se para tanto, corpos de prova que segundo a norma ABNT NBR 33, (1998), são amostras extraídas ou preparadas sobre as quais serão realizados ensaios que permitam determinar suas propriedades.

“Ensaio de Tração - Consiste na aplicação de carga de tração uniaxial crescente em um corpo de prova específico até a ruptura. Com esse tipo de ensaio, pode-se afirmar que praticamente as deformações promovidas no material são uniformemente distribuídas em todo o seu corpo, pelo menos até ser atingida uma carga máxima próxima do final do ensaio” (DALCIN, 2007).

“Ensaio de Compressão - É a aplicação de carga compressiva uniaxial em um corpo-de-prova. Nos ensaios de compressão, os corpos de prova são submetidos a uma força axial para dentro, distribuída de modo uniforme em toda seção transversal do corpo de prova” (DALCIN, 2007).

Quando o material entra em contato com outro ambiente ou outro material são as propriedades químicas que se manifestam. Elas se apresentam sob a forma de presença ou ausência de resistência à corrosão, aos ácidos e às soluções salinas e estão em sua maioria ligadas ao emprego do cimento como componente do concreto (GALVÃO, 2003).

1.4 MATERIAIS EMPREGADOS EM OBRAS MARÍTIMAS

A opção entre diversos materiais é de suma importância em obras da construção civil, principalmente naquelas onde exista a interação entre o mar e os artefatos produzidos pelo homem.

“Considerando que a implantação e o descarte de estruturas artificiais em ambientes aquáticos promovem alterações duradouras ou permanentes nos ecossistemas, podendo afetar dessa forma o equilíbrio ecológico e os recursos naturais, sobretudo os estoques pesqueiros” (IBAMA, 2006).

Esta interação pode causar impactos ambientais, que independente das dimensões, sempre traz prejuízos, não só econômicos como também sociais e ambientais. As intervenções humanas na zona costeira devem, portanto, serem criteriosas tanto no dimensionamento das obras, quanto na escolha dos materiais empregados.

“Considerando que o descarte e a implantação de estruturas em águas jurisdicionais brasileiras podem ser causadores de significativos impactos ambientais; portanto, enquadram-se em atividades passíveis de licenciamento ambiental, conforme a legislação de regência da matéria” (IBAMA, 2006).

A rocha por se tratar de um material bruto que pode ser utilizado como principal elemento de um recife artificial e também um dos principais materiais utilizados na confecção do concreto, é evidente que sua disponibilidade seja suficiente na pedreira e sua proximidade com o local da obra sejam fatores importantes para análise da viabilidade econômica do projeto, além da durabilidade da estrutura e do desempenho estrutural pretendido (PEREIRA, 2008).

Segundo a ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland, são produzidas no mundo bilhões de toneladas de cimento por ano, que na forma de concreto o torna o segundo material mais consumido pelo homem, ficando atrás somente da água, sendo que o concreto, dentre os diversos materiais de construção disponíveis para uso em obras marítimas é sem dúvida o mais usado devido a sua versatilidade, pois possui a capacidade de ser moldável em diferentes formas, além de possuir também excelente resistência, ser

produzido a partir de matérias primas abundantes, ser durável e possuir baixo custo.

“Efetivamente, o concreto não gera emissões, não necessita de conservantes tóxicos, além disso, consome menos energia na sua produção em comparação com a maioria dos materiais de construção” (ABCP, 2010).

Apesar das afirmações da ABCP, estas quantidades enormes de cimento ao serem produzidas contribuem de forma significativa para o lançamento de poluentes na atmosfera, já que existem fontes de poluição em todas as etapas do processo de produção do cimento – moagem e homogeneização das matérias-primas; clínquerização no forno rotativo e resfriamento do clínquer; moagem do clínquer, adições; ensacamento; expedição e também nos pontos de transferência dos materiais (Santi, 2003).

1.4.1 ROCHA

A rocha utilizada na construção civil passa por um processo industrial e é obtida a partir da fragmentação de rochas compactas extraídas de maciços rochosos. As rochas utilizadas na britagem são facilmente encontradas na natureza, pois são recursos minerais muito abundantes (Bauer, 2015).

Na figura 2, uma ilustração da implosão das rochas que foram utilizadas nas obras de construção de molhes e quebra mares e que podem ser devido a suas características, usadas também na construção de recifes artificiais.



Figura 2 - Frame do vídeo da implosão na pedreira da cidade do Capão do Leão-RS.
Fonte: Watch 2014.

1.4.2 CONCRETO

As estruturas de concreto instaladas em regiões sujeitas a respingos de água marinha ou variação de marés são classificadas, segundo a norma ABNT NBR 6118, (2007), como classe VI - nível de agressividade elevado, e possuem elevado risco de deterioração da estrutura. Já as estruturas que permanecem todo o tempo submersas são da classe I e possuem risco de deterioração insignificante, por não sofrem ciclos alternados secos e úmidos e principalmente por não estarem em presença de oxigênio (Figura 3). Desta forma, ao contrário de estruturas formadas por restos industriais compostos por materiais diversos como metais, plásticos e pneus, o concreto é considerado pela comunidade científica internacional o material mais adequado para confecção de recifes artificiais já que não prejudica o meio marinho, pois se assemelha ao substrato rochoso natural, além de produzirem estruturas muito estáveis. (ECOPLAN, 1999).

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fracá	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana	Pequeno
III	Forte	Marinha	Grande
		Industrial	
IV	Muito forte	Industrial	Elevado
		Respingos de maré	

Figura 3 - Classes de agressividade ambiental.
Fonte: Adaptada da tabela da norma ABNT NBR 6118 – 2007.

Os elementos de concreto que formam a estrutura básica de um recife artificial estão sujeitos, quando submersos, a moderadas solicitações de esforços, o que aliado ao ambiente de fraca agressividade determina uma expectativa de vida útil bastante longa para este material.

“Por vida útil de projeto, entende-se o período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor” (NORMA ABNT 6118, 2007).

Existem blocos pré-moldados em concreto que também são utilizados para compor recifes artificiais. Segundo Pereira (2008), a determinação do uso dos blocos artificiais é estudada através da viabilidade econômica, dos materiais, disposição de equipamentos para o manuseio, transporte e descarregamento no local. Sendo que Fernandes (2007) inclui também a mão de obra humana, ou seja, a equipe de trabalho para a confecção desses blocos e a área de armazenamento para estes, antes de serem relocados.

Os blocos de concreto possuem tamanhos, pesos e formas diferentes, muitas delas complexas, para garantir o imbricamento (ALFREDINI; ARASAKI, 2014), ou seja, uma melhor eficiência no travamento entre os blocos. Os elementos mais comuns são os tetrápodes (Figura 4).



Figura 4 - Pátio com tetrápodes.
Fonte: Hassouni 2014.

Desenvolvido com as mais modernas tecnologias, estruturas como as denominadas Xbloc são empregadas como elementos de proteção em obras marítimas. Por se tratar de elementos constituídos de concreto, segundo a norma ABNT NBR 6118, (2007) devem-se submeter a ensaios de resistência, pois é importante averiguar se há alguma falha na confecção dos blocos que contribua para o surgimento de fissuras, por exemplo, podendo comprometer a vida útil da peça. A figura 5 apresenta testes de qualidade e o desenvolvimento de testes específicos para elementos com formato mais complexo, como os destas estruturas (PEREIRA E MEDEIROS, 2012).



Figura 5 - Testes do protótipo Xbloc.
Fonte: Hakenberg et al. 2004.

1.5 MATERIAIS ALTERNATIVOS

Alguns materiais alternativos podem ser incorporados a outros com a finalidade de melhorar suas propriedades e/ou diminuir custos.

1.5.1 FIBRA DE COCO

A muito tempo utilizadas na construção civil como forma de melhorar as propriedades mecânicas de compósitos para produção matrizes cimentícias, as fibras possuem características que diminuem o aparecimento de manifestações patológicas aumentando as resistências à tração, flexão e ao impacto, prevenindo ou retardando o aparecimento de fissuras que diminuem a durabilidade das argamassas e dos concretos (SILVA *et al.*, 2008).

Conforme Faruk *et al.* (2012), houve um aumento considerável nos últimos anos de pesquisas referentes à compósitos utilizando fibras, sejam elas naturais ou industrializadas (artificiais), contudo ainda são pouco utilizadas devido a falta de um melhor conhecimento de suas potencialidades, principalmente as relacionadas a sua aplicação e desempenho, existe portanto, a necessidade de maiores estudos para garantir o aumento na segurança das estruturas de concreto.

A abundância das fibras naturais e sua grande variedade estimulam seu uso, porem há necessidade do aproveitamento eficiente da matéria-prima cultivada para diminuição dos problemas de ordem ambiental gerados pelos resíduos (SILVA *et al.*, 2012).

“As cascas do coco verde correspondem a 80% do peso bruto do fruto. O Brasil produz cerca de 8,1 bilhões de unidades de coco e este material vem sendo disposto em aterros e lixões, provocando um enorme problema aos serviços municipais de coleta de lixo devido ao seu grande volume. O meio ambiente leva de 8 a 12 anos para decompor um coco. O desenvolvimento de alternativas de aproveitamento da casca de coco verde possibilita reduzir a quantidade de resíduos sólidos nos aterros sanitários, além de proporcionar uma nova opção de rendimento” (VALE *et al.*, 2002 apud CASTILHOS, 2011).

O baixo custo deste material é mais um aspecto que justifica seu uso. Incorporado ao concreto, faz com que este ganhe resistência à tração e, portanto, as estruturas ou artefatos podem ter suas seções reduzidas com o mesmo desempenho, o que também é uma forma de diminuir o impacto que a indústria cimenteira provoca (SILVA *et al.* 2008).

1.6 JUSTIFICATIVA

Tanto o concreto quanto a rocha apresentam vantagens e desvantagens quanto ao seu uso ou aplicação. O fato de poder ser moldado permite ao concreto inúmeras possibilidades, esta versatilidade torna este material indispensável na confecção de estruturas na grande maioria das obras (ABCP, 2010). A rocha por ser utilizada bruta, o que também incorpora vantagens como a econômica, já que emprega menos tecnologia, o que sem dúvida é bastante interessante e a coloca como concorrente do concreto para confecção de recifes artificiais (ALFREDINI; ARASAKI, 2014). A escolha destes dois materiais para a realização deste estudo se deu, portanto em função de vários aspectos dentre os quais custo do material, disponibilidade, resistência mínima para a estrutura pretendida e da facilidade de transformação do material através de processo industrial.

Exclusivamente em obras submersas e principalmente em águas salgadas ou salobras esta questão de escolha se torna ainda mais importante. Uma opção pelo material errado, não só entre rocha e concreto, mas entre os vários tipos de concreto e adições, pode diminuir em muito a durabilidade da estrutura. Neste trabalho foram estudadas opções em que as questões resistências e durabilidade estivessem associadas ao melhor desempenho quanto ao aspecto incrustações de organismos marinhos. Aspectos como rugosidade superficial destes materiais serviram como objeto de análise comparativa das incrustações e das resistências entre as situações de concreto simples (sem fibras de coco), concreto com adição de fibras de coco e rocha, já as medições de pH realizadas nas partes internas e externas dos CPs durante os ensaios de resistência a compressão, não são relevantes para esta

pesquisa, pois serviram apenas para que se mantivesse um padrão. Este controle foi necessário já que o pH do cimento é aproximadamente 12, o que pode favorecer processos seletivos de recrutamento de espécies marinhas, pois favorece apenas alguns tipos de organismos. Porém, notou-se neste estudo que após o tempo de cura de 28 dias as partes mais superficiais dos CPs já possuíam pH de aproximadamente 8,5 não sendo observadas variações destes valores até a data da coleta das amostras no meio marinho. Conforme Silva, (2001), estes valores do concreto se aproximam aos encontrados nos substratos consolidados naturais do litoral brasileiro, sendo assim o fator pH não interferiu neste estudo.

Em virtude das dificuldades de se obter e trabalhar com a rocha e das vantagens em se poder modelar o concreto, pode parecer a princípio que este último, sempre será a alternativa escolhida para a maioria das obras. Porém a confecção do concreto também requer o emprego de rochas e, portanto, envolve toda a complexidade de sua obtenção e tratamento e que agregado a isso, o concreto ainda requer estudos quanto ao seu traço, resistências, fôrmas e cura.

2. OBJETIVOS DO TRABALHO

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste estudo foi avaliar a adequação de materiais utilizados para a construção de recifes artificiais através da análise de corpos de prova de rocha, de concreto simples e de concreto com adição de fibras de coco.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Verificar a ocorrência de incrustações de organismos marinhos nos corpos de prova destes materiais quando submetidos às condições de imersão em águas marinhas.
2. Caracterizar a estrutura da comunidade de organismos incrustantes em termos de diversidade, riqueza e dominância durante o período de estudo e analisar se estas características são similares nos diversos substratos.
3. Caracterizar a possível influência da ocorrência de organismos incrustantes na resistência dos materiais utilizados.

3. METODOLOGIA

Neste estudo foram realizadas avaliações nos corpos de prova de rocha, de concreto simples e de concreto com adição de fibras de coco que foram submersos durante três meses em água do estuário do município de Santos/São Paulo. Definidos o tipo de rocha, o traço do concreto, os percentuais da adição de fibra, as dimensões dos CPs, o tempo de cura, a profundidade de submersão no local escolhido, o tempo de exposição de cada grupo de CPs e sorteada a sequência da coleta dos mesmos, procedeu-se à retirada dos corpos de prova, tomada de fotos e raspagem das incrustações das áreas definidas como elementos amostrais em cada corpo de prova.

3.1 LOCAL DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado na zona portuária do município de Santos – São Paulo. A escolha deste local se deu devido ao histórico de pesquisas envolvendo “*fouling*” realizadas nesse estuário e do aspecto segurança, já que se trata de um trabalho em que as estruturas de amostragem facilmente são perdidas em função de vandalismo, curiosidade e etc., e também pela facilidade de acesso e pelas condições de mar tranquilo com fluxo de água constante e renovado através das passagens sob a plataforma do cais.

Na Figura 6 aparece assinalado o círculo vermelho em que permaneceram imersas os corpos de prova para colonização e de resistência à compressão no período de estudo. A Figura 7 demonstra a localização do ponto exato da área escolhida (Latitude 23°57'29.8"S e longitude 46°18'24.3"W), dentro das instalações do comando do 8º Distrito Naval da Capitania dos Portos de São Paulo.



Figura 6 – Mapa da Cidade de Santos e área de estudo.
Fonte: TURISMO SANTOS 2015.



Figura 7 – Capitania dos Portos e área de estudo.
Fonte: IMAGENS AEREAS 2015.

O local escolhido pertence a União e é ocupado pela Marinha do Brasil (Figura 8), portanto, houve a necessidade de autorização prévia para uso da área interna da Capitania dos Portos de São Paulo, conforme anexo I.

Autorizado o uso deste espaço pelo Capitão dos Portos, Capitão de Mar-e-Guerra Ricardo Fernandes Gomes, foi escolhido o local mais propício dentre as inúmeras possibilidades devido as dimensões da área, e das diferentes profundidades e condições de maré.

Muito lixo é depositado nas águas do estuário e para que a profundidade de submersão escolhida não fosse alterada ao longo da pesquisa devido ao acúmulo desse material flutuante nas cordas que amararam CPs e bóias e que poderiam produzir uma sobrecarga tornando a estrutura mais pesada, foi escolhido um local onde a profundidade era a maior dentre todas com cerca de 5 metros na maré baixa e onde o fluxo das correntes propiciavam uma constante renovação das águas.

Não foram estimados neste estudo os contaminantes domésticos (coliformes) e industriais (fenóis, mercúrio, etc.), concentração de óleos e graxas e outros dados físico-químicos por se tratar de um estuário onde estes parâmetros sofrem variações diárias muito amplas.

3.2 CORPOS DE PROVA

Neste estudo, os corpos de prova serviram a dois propósitos básicos: analisar as incrustações envolvendo a velocidade em que ocorreriam e quais os organismos que primeiro se fixariam, além da sua sucessão e também a resistência a compressão do concreto, do concreto com fibras e da rocha quando submetidos aos ambientes seco e imersos em água marinha. Para isso, foi preciso desenvolver uma forma para este corpo de prova de concreto que servisse aos dois propósitos, sendo possível fixá-lo imerso sem interferências nas áreas externas deste CP, onde se esperava a incrustação e ainda que eles pudessem ser submetidos aos testes de resistência na prensa de ensaio, portanto era imprescindível que estivessem dentro dos padrões exigidos pela norma ABNT NBR 5738, (2002), não podendo conter ainda outros materiais de suporte para fixação com o risco de causarem interferências nos parâmetros de resistência.

Dentre as inúmeras formas possíveis para elaboração dos corpos de prova, a cilíndrica foi escolhida, já que este é o padrão para ensaios de resistência a compressão segundo a ABNT. Sendo este formato de difícil fixação por bóias, optou-se por introduzir um espaço vazio central de pequeno diâmetro no sentido longitudinal por onde seria introduzida uma corda com a finalidade de fixar o CP no sistema de flutuação.

As dimensões adotadas para os CPs foram: 100 mm de diâmetro e por 200 mm de altura (Figura 8), conforme a norma (ABNT NBR 5738, 2002) que recomenda uma relação padronizada em que a altura seja o dobro do diâmetro.

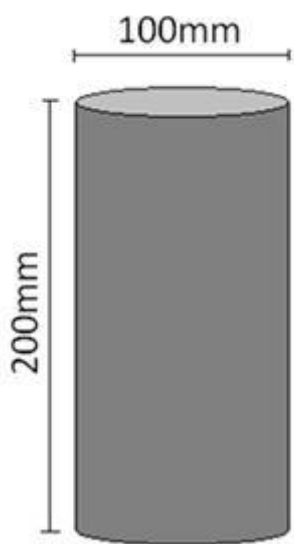


Figura 8 – Dimensões padronizadas dos CPs – Norma ABNT NBR 5738, 2002.

Estas dimensões foram adotadas, dentre as várias possíveis visando à diminuição de peso, já que cada CP pesa em média 3,3 kg e como o estudo demandou um grande numero de exemplares, o fator peso foi considerado de extrema importância para a sustentação do sistema.

Foram descartados moldes industrializados para moldagem dos CPs de concreto e concreto com fibra, sendo confeccionadas formas próprias padronizadas em numero suficiente para moldar todos os exemplares em um só dia e que satisfizessem as duas condições já citadas. Já que todos os CPs tinham a mesma idade uma logística menos complexa para a instalação do sistema no local escolhido pode ser adotada e posteriormente também para as

coletas. A produção de concreto em um único dia acarretou em maior precisão nos controles, menor custo e facilidade no transporte e instalação do sistema.

O modelo do molde foi concebido visando à redução de custos, utilizando, portanto, materiais menos nobres, facilidade no manuseio e projetada para facilitar a retirada do corpo de prova sem danificá-lo. Os materiais utilizados foram de adquiridos em lojas de materiais de construção. A figura 9 representa a perspectiva isométrica da fôrma projetada para corpos de prova de concreto e concreto com fibras.

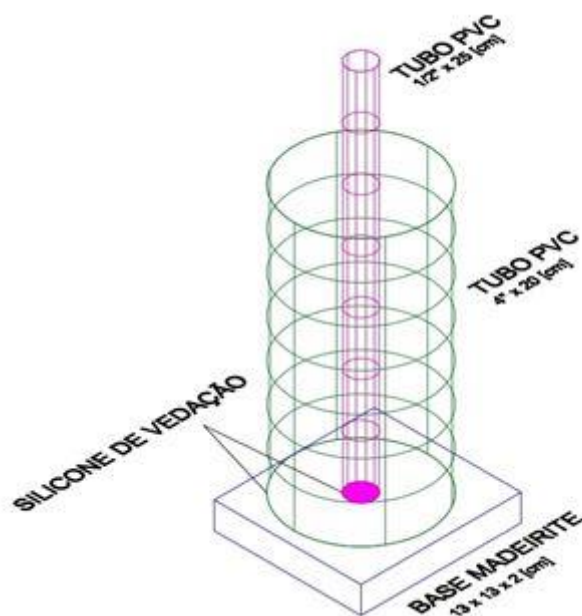


Figura 9 – Perspectiva isométrica da estrutura da forma.

Este furo central não poderia, com o risco de danificar os CPs, ser feito posteriormente a moldagem, por exemplo, com uma broca, pois o impacto poderia causar fissuras ou microfissuras que viessem a diminuir tanto a resistência, quanto criar aberturas por onde agentes agressivos pudessem penetrar no concreto diminuindo a durabilidade desta estrutura. Um tubo de PVC de ½” que após 24 horas foi retirado produziu esta abertura.

Foram confeccionadas 72 fôrmas (Figura 10). A montagem da fôrma dos corpos de prova (descrita em anexo II) foi idealizada para manter a concentricidade dos tubos (Figura 11), no intuito de atingir a perpendicularidade com a base e manter a espessura de concreto sempre uniforme em toda a extensão do corpo de prova, não permitindo áreas mais frágeis e, portanto, menos resistentes.



Figura 10 – Fôrmas produzidas.



Figura 11 – Detalhe da concentricidade dos tubos.

3.3 MATERIAIS

Neste estudo foram utilizados como materiais de pesquisa o concreto simples, concreto com adição de fibras de coco e a rocha.

3.3.1 CONCRETO SIMPLES

Os métodos empregados para a moldagem e cura dos corpos de prova foram seguidos conforme a norma ABNT NBR 5738 (2002) e o concreto foi produzido em laboratório com o auxílio de uma betoneira industrial de capacidade 200 litros. Apesar dos cimentos mais indicados para a execução de peças pré-moldadas de concreto para uso submerso sejam o CP V-ARI e o CP V-ARI-RS, pois ambos proporcionam elevadas resistências iniciais (JUNIOR; LACERDA, 2009), o aglomerante utilizado neste estudo foi o Cimento Portland de Alto Formo CP III – RS 32, devido à disponibilidade na região e por ser também um cimento indicado para este fim, além de resistir melhor a ambientes agressivos. O agregado miúdo foi areia média e os graúdos foram o pedrisco e a pedra 1. Não foram utilizados aditivos para que a avaliação pudesse ocorrer sem interferências de outros produtos químicos além do cimento. Os corpos de prova produzidos não possuem qualquer tipo de armadura sendo denominados pela norma ABNT NBR 6118, (2007) como elementos de concreto simples estrutural.

Devido à presença de umidade, notadamente na areia, antes de se proceder a pesagem deste agregado, foi efetuado o ensaio de determinação do teor de umidade pelo método expedito *Speedy*, baseado no método M145/60 do DER/SP, para correção dos valores de água a serem acrescidos na mistura de concreto. Ainda como parte do controle tecnológico, após a mistura do concreto na betoneira, foi realizado o ensaio conhecido como *Slump Test* (Figura 12). Conforme NBR NM 67:1998, esse procedimento serve para verificação da consistência do concreto. No concreto produzido e utilizado neste estudo o abatimento do concreto foi de 53 mm, classificado como concreto de boa consistência e trabalhabilidade.



Figura 12 – Verificação do abatimento.

3.3.1.1 TRAÇO ADOTADO

“Traço ou composição: Expressão das quantidades, em massa ou volume, dos vários componentes do concreto (geralmente referido ao cimento)” (NORMA ABNT 12655, 2006).

Embora a norma ABNT NBR 6118 exija o mínimo 20 MPa de resistência característica à compressão (f_{ck}) para classe de agressividade ambiental adotada (Figura 13), este valor não foi alcançado devido à baixa qualidade dos agregados utilizados no estudo, notadamente a areia por conter excesso de finos. Areias muito finas absorvem mais água do que o normal provocando um aumento no consumo desse material, o que reduz a resistência do concreto e aumenta a probabilidade de fissuras decorrentes de retração hidráulica (Paniago, 1996). Este fato não trouxe prejuízos a pesquisa, pois somente foram considerados parâmetros comparativos, sendo utilizados os mesmos materiais para todos os CPs de concreto produzidos. Esta mesma norma permite ainda, fatores água/cimento (relação entre a água e o cimento) mais altos para situações de concreto submerso, porém neste estudo optou-se pelo fator 0,46,

considerado baixo, para seguir o padrão adotado pela maioria dos projetos que utilizam concreto nas estruturas de recifes artificiais. A massa específica considerada para cálculo do traço foi de 2400 kg/m³.

Concreto	Tipo	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40
NOTAS 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

Figura 13 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto.
Fonte: Adaptada da tabela da norma ABNT NBR 6118 – 2007.

O traço do concreto utilizado neste estudo e que foi definido a partir de experiências de sucesso de projetos de recifes artificiais já implantados, que apresentaram bons resultados como, por exemplo, Rebimar - Programa de Recuperação da Biodiversidade Marinha que foi o primeiro programa a receber o licenciamento do IBAMA para a instalação de recifes artificiais na costa brasileira emitido em 2008 e que independentemente das diferenças nos desenhos das estruturas, foram confeccionadas com traço de concreto, desenvolvido especificamente para recifes artificiais (Figura 14).

“REBIMAR é um conjunto de ações socioambientais que têm como base a utilização de Recifes Artificiais para auxiliar a recuperação da biodiversidade marinha e dos estoques pesqueiros”. (REBIMAR, 2011).

MATERIAIS	CIMENTO	AREIA	PEDRÍSCO	PEDRA I	ÁGUA
TRAÇO	1,00	2,00	0,98	1,48	0,46

Figura 14 - Composição do concreto para os corpos de prova.

3.3.1.2 MODELAGEM, DESENFORMA E CURA

Antes do procedimento da modelagem dos corpos de provas cilíndricos foi aplicado o desmoldante – óleo de média viscosidade que tem a função de impedir a aderência do concreto no molde. Segundo a norma ABNT NBR 5738 (2002), após o lançamento do concreto no molde, se pode realizar o adensamento manualmente em duas camadas com 12 golpes cada (Figura 15), utilizando uma haste metálica de diâmetro de 16 mm e comprimento que pode variar entre 600 mm e 800 mm, preenchendo completamente a fôrma até seu topo. Na figura 16 é ilustrado o processo de modelagem no momento do adensamento manual com haste.

Número de camadas para moldagem dos corpos-de-prova				
Tipo de CP	Dimensão básica (d) mm	Número de camadas em função do tipo de adensamento		Número de golpes para adensamento manual
		Mecânico	Manual	
Cilíndrico	100	1	2	12
	150	2	3	25
	200	2	4	50
	250	3	5	75
	300	3	6	100
	450	5	9	225

Figura 15 - Traço do concreto para os corpos de prova.

Fonte: Adaptada da tabela da norma ABNT NBR 5738 – 2002.



Figura 16 – Adensamento manual do concreto com haste.

Decorridas 24 horas após a moldagem, os corpos de prova que permaneceram em ambiente úmido foram retirados dos moldes (Figura 17) em uma operação delicada para que fosse preservada a integridade do concreto.



Figura 17 – Corpos de prova desenformados.

Após a retirada dos moldes os corpos de prova retornavam para a câmara úmida onde permaneceram por mais 27 dias. A temperatura se manteve em 23 graus, sendo permitido pela norma ABNT NBR 9479 (2006) ter variação de 2 graus para mais ou para menos. A umidade relativa do ar de 95% também respeitando os limites de norma. A câmara úmida e a disposição dos corpos de prova neste equipamento estão ilustradas na Figura 18.

“Câmara úmida: compartimento fechado, isolado termicamente, climatizado, de dimensões adequadas para estocagem de corpos de prova de argamassa e concreto durante o período de cura, capaz de manter as condições ambientais conforme as exigências desta Norma” ABNT NBR 9479 (2006).



Figura 18 – Cura dos corpos de prova na câmara úmida.

3.3.2 CONCRETO COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE COCO

Para o concreto com adição de fibras foram utilizados os mesmos critérios e as mesmas condições da confecção de concreto simples. O traço não foi modificado, pois a intenção neste estudo é verificar a interferência da fibra de coco, portanto não houve a troca ou a substituição deste material por

outro, simplesmente foi adicionada a quantidade de fibras na proporção de 0,5% do volume total dos outros materiais.

A fibra de coco foi adicionada a betoneira lentamente, em pequenas quantidades e devidamente desfiada, já final do processo de elaboração da mistura, assim foi possível obter um concreto mais homogêneo e uma maior facilidade de operação do equipamento.

3.3.3 ROCHA

Na região da Serra do Mar, mais especificamente em Cubatão, predominam gnaisses e granitos, com ocorrência de filitos, micaxistos, anfíbolitos e quartzitos (BRASIL, 1960 apud ROSSI, 1999).

A rocha utilizada para os ensaios foi o granito. De origem magmática este material resultante de massas em fusão ígnea do interior da Terra, além de abundante, é de excelente qualidade possuindo alto grau de dureza e uma textura granular característica em que os minerais constituintes que se formaram em determinados valores de temperatura a medida que o magma se resfria. Estes minerais são bem visíveis e identificáveis: o quartzo, os feldspatos (ortoclase, sanidina e microclina) e as micas (biotite e moscovite).

“A escala de Mohs é uma escala relativa entre os vários minerais e não é conclusiva acerca da verdadeira resistência mecânica. Existem outras escalas de dureza, como a escala de microdureza de Vickers e de Knoop” (CLEMENTE, 2012)

O granito utilizado foi extraído da pedreira Santa Tereza, nas proximidades do bairro Monte Cabrão, na área continental da cidade de Santos-SP. A coleta foi realizada em diferentes pontos da pedreira por uma perfuratriz de rocha, o que gerou tarugos no diâmetro de 55mm e comprimentos variados. Na figura 19, estão algumas amostras usadas como corpos de prova para análise de incrustação e de resistência à compressão em condições descritas anteriormente.



Figura 19 – Caixa com as amostras de granito.

Houve a necessidade de se adaptar as medidas para que correspondessem ao prescrito nas normas da ABNT. Como a extração já determinava um diâmetro de 55 mm adotou-se a altura do CP em 110 mm, o dobro do diâmetro.

Para o procedimento de corte dos tarugos houve a necessidade não só do uso de uma serra mármore como também a confecção de gabarito (descrito em anexo II) que padronizasse, não só as medidas como também o paralelismo das faces (Figura 20). Este fato tem importância fundamental, pois no ensaio de compressão utiliza-se uma prensa que comprime o objeto de análise em suas duas faces (topo e base), que se não estiverem paralelas produzem um desvio de forças que alteram os valores das tensões exercidas no corpo de prova alterando, portanto, os valores de resistência.



Figura 20 – Operação de corte do tarugo de rocha.

3.4 SISTEMA DE FLUTUAÇÃO

Para submeter os corpos de prova de concreto simples, concreto com fibras e de rocha a uma das condições da pesquisa, ou seja, imersos em água marinha, houve a necessidade de se criar um sistema de flutuação onde seriam fixados os CPs, pois a idéia inicial que seria fixar os elementos em um píer ou deck os deixariam sujeitos, por efeito de ondas e da maré, a impactos contra estas estruturas danificando-os e limitando ou impedindo a incrustação, pois na área escolhida não havia local de fácil acesso que tivesse condições para suportar tamanho numero de corpos de prova.

Como premissa, o sistema de flutuação deveria primeiramente ser de baixo custo utilizando, portanto, materiais simples e facilmente encontrados e ainda componentes que proporcionassem uma montagem simples e prática, sendo, portanto constituído basicamente por galões plásticos de produtos de limpeza que fazem a função de bóias, cordas de polietileno e abraçadeiras de

plástico para as amarrações. Outra preocupação era que o sistema não ficasse à deriva.

Nesta pesquisa também foi avaliada a ocorrência de algas, o que somente acontece até o nível de luminosidade de cerca de 1% do valor da luminosidade na superfície. Para que isto aconteça há uma dependência importante da transparência das águas que pode não ultrapassar 15 metros em águas turvas e 120 metros em águas muito transparentes (CLARKE & DENTON, 1962).

Neste estudo optou-se por submergir os CPs a uma profundidade em torno de 0,50 metros já que a água do estuário normalmente é turva devido a suspensão dos sedimentos de origem orgânica ou inorgânica de tamanhos muito variados que interferem na passagem de luz, efeito que ocorre devido ao efeito das marés e do trânsito de embarcações de pequeno e grande porte. A proximidade com aglomerados urbanos e ao mangue também contribui para que detritos e nutrientes em suspensão diminuam a transparências das águas. Este fenômeno cria grandes florescimentos de microalgas e zooplâncton, tendo ainda como consequência a redução acentuada da produção primária originada pela baixa penetração de luz coluna de água (CLARKE & DENTON, 1962).

Conforme demonstrado na figura 21, a corda de amarração passa pelo interior dos CPs de concreto simples e de concreto com adição de fibras de coco que são suportados por um simples nó. Um excedente de corda suporta em alguns casos o CP de rocha, fixado por abraçadeiras de plástico. Este recurso foi usado para que não fosse necessário cravar pinos ou fixar parafuso na rocha, com o risco de fragilizá-la.

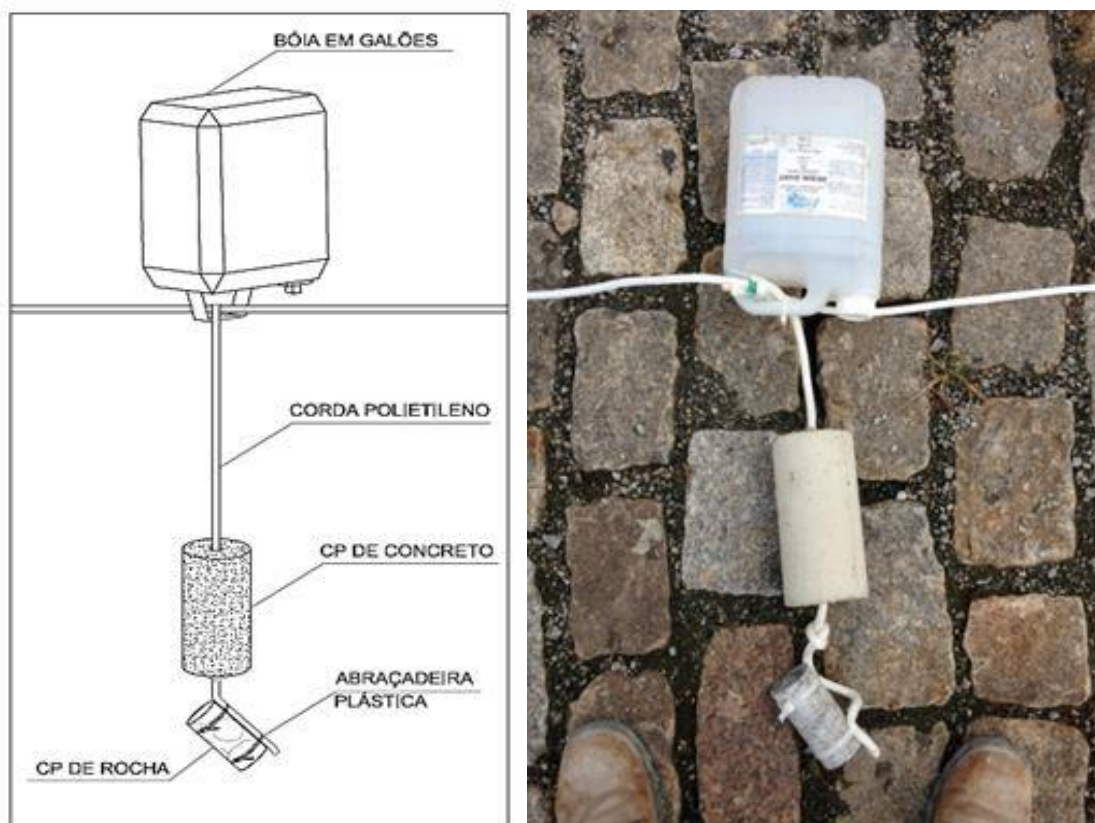


Figura 21 – Detalhes da amarração e fixação dos CPs no sistema de flutuação.

Após 28 dias da moldagem dos corpos-de-prova de concreto, o equipamento de flutuação foi lançado na água do estuário, com seus 72 corpos-de-prova sendo 24 de concreto, 24 de concreto com fibra de coco e 24 de rocha. A logística para a instalação do sistema foi dividida em etapas (descritas no anexo II) para facilitar as operações e não danificar os equipamentos e os corpos de prova sendo que algumas partes do equipamento de flutuação foram confeccionadas previamente no laboratório de materiais de construção da Universidade Santa Cecília (Figura 22), com intuito de se garantir a eficiência do sistema.



Figura 22 – CPs separados por tipo.

Todo o material de estudo e dos equipamentos necessários para a instalação do sistema foram transportados ao local de estudo (Figura 23), e após o descarregamento procedeu-se o lançamento do sistema nas águas do estuário e para isso contou-se com o inestimável apoio da Marinha do Brasil que disponibilizou homens e equipamentos que possibilitaram a execução das tarefas sem perdas ou danos em amostras ou equipamentos. Este apoio logístico nos acompanhou em todas as etapas realizadas em campo durante todo o estudo.



Figura 23 – Transporte e descarregamento do material.

A fixação dos CPs a este sistema foi executada de acordo com o tipo de material, em uma ordem previamente planejada, alternando de forma regular, exemplares dos três tipos de substratos com o objetivo de submeter todos os exemplares as mesmas condições ambientais (Figura 24).

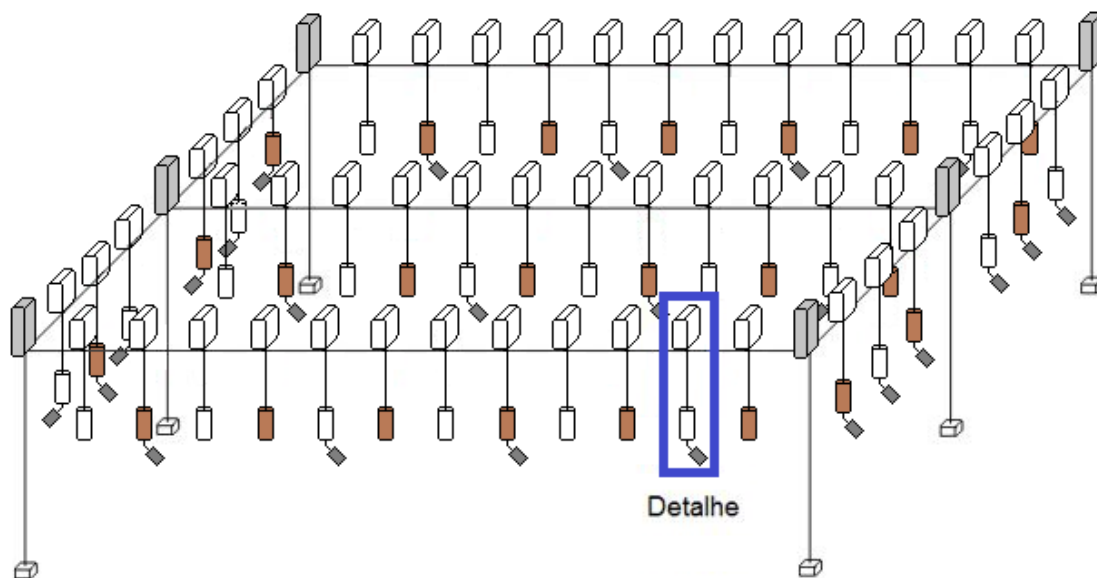


Figura 24 – Sistema de flutuação.

Nas três etapas iniciais foram transportadas do cais para a embarcação as 6 poitas que fizeram a fixação do sistema, 3 delas já amarradas as pontas das 3 cordas principais que continham cada uma, um total de 12 corpos de prova dos três tipos utilizados. Estas cordas maiores suportavam maior peso e mediam 12 metros de comprimento. Assim que este conjunto de cordas e poitas eram rebocadas pela embarcação ao local previamente determinado, as cordas eram dispostas lado a lado e as poitas eram lançadas ao mar. A outra ponta de cada corda esticada o máximo possível, amarradas as 3 últimas poitas que em seguida eram lançadas ao mar. A seguir foram transportadas as quatro cordas menores com comprimento de 3 metros e com 3 corpos de prova cada. Rebocadas também até o local definitivo, amarradas esticadas as bóias das poitas, fixando-as assim ao conjunto fechando o sistema (Figura 25). Nas cordas que ligavam as poitas as bóias principais, além dos 5 metros da profundidade média do local, foram acrescentados mais 1,50 metros. Esta folga da corda contribuiu para evitar a força de empuxo contra as boias com a variação

da maré, gerando assim instabilidade, quando ancorado. A figura 26 demonstra o sistema de flutuação já instalado.



Figura 25 – Sequência de lançamento do sistema.



Figura 26 – Sistema de flutuação já instalado.

3.5 COLETA

Para realização da coleta dos corpos-de-prova imersos nas águas do estuário foi necessário primeiramente estabelecer uma ordem de retirada. Adotou-se uma coleta aleatória como forma de permitir comparações a partir da obtenção de dados não viciados, sorteando a sequência, conforme a ilustração da Figura 27. Esta ordem estabelecida gerou certa insegurança quanto a estabilidade do sistema em função da retirada de peso em determinados pontos, o que se comprovou a cada coleta gerando a necessidade de pequenas adaptações na disposição das bóias.

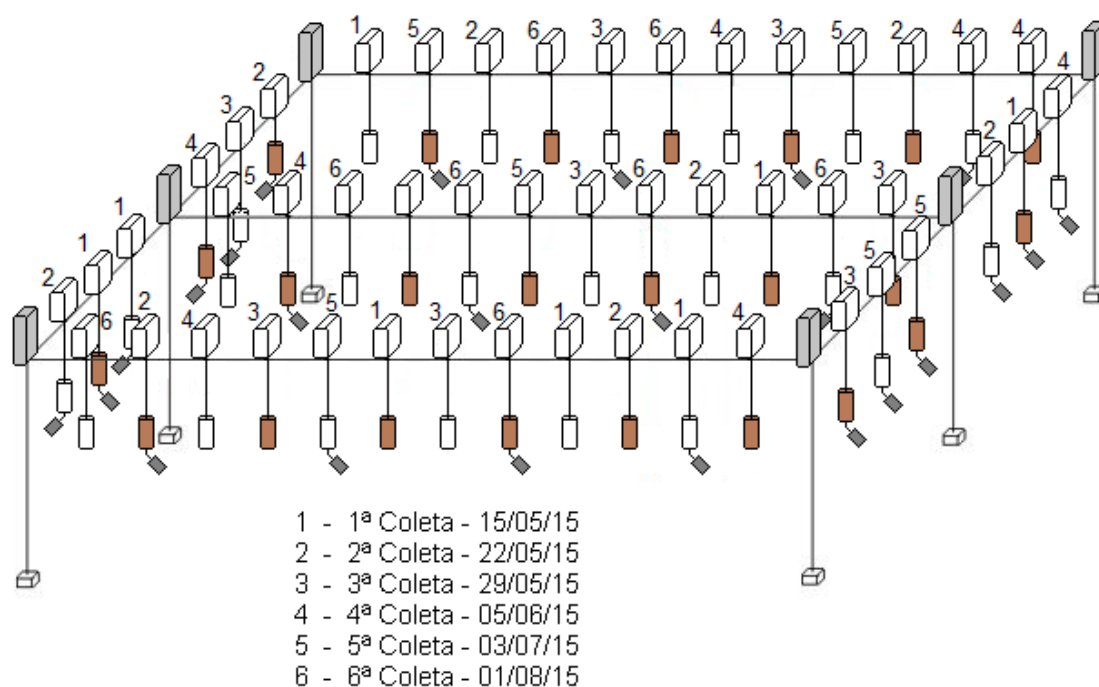


Figura 27 – Ordem sorteada para a coleta.

De um total de 6 coletas programadas, as 4 primeiras (Figuras 28 e 29) foram realizadas semanalmente. Com amostragens para um período total de 3 meses iniciado em 08 de maio de 2015 e encerrado em 01 de agosto de 2015, estes passos mais curtos foram estabelecidos para que fosse possível observar as primeiras formações dos biofilmes e também, se ocorressem, as primeiras manifestações patológicas nos corpos de prova, notadamente os de

concreto. A partir da quarta semana, as coletas passaram a ser mensais. As 4 primeiras coletas foram programadas ainda para coincidir com as idades padrão, 7 e 28 dias, constantes da norma ABNT NBR 5739 (2007), que determina estas idades, permitindo ainda a inclusão de idades intermediárias para o ensaio de ruptura para fins de determinação da resistência do concreto. Para os procedimentos de coleta foram utilizados os mesmos equipamentos anteriormente usados na instalação do sistema.



Figura 28 – Procedimentos de coleta.



Figura 29 – Cps retirados da água.

3.6 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Para se comparar as resistências à compressão dos corpos-de-prova nas diversas condições a que foram submetidos, os testes de ruptura foram realizados nos mesmos dias das coletas, garantindo assim que todos os corpos-de-prova tivessem o mesmo tempo de exposição aos respectivos ambientes, não havendo, por menor que fosse, interferência de outras condições ambientais.

Os ensaios foram realizados na Prensa Universal de Ensaios. Esta prensa hidráulica (Figura 30) tem capacidade máxima de 100 tnf e faz parte dos equipamentos dos laboratórios do curso de engenharia da Universidade Santa Cecília.



Figura 30 – Prensa Universal de Ensaio.

Na a realização do ensaio, para que não houvesse desvio das forças atuantes, ambas as faces dos corpos de prova que teriam contato com a prensa (Figura 31) foram raspadas com espátula para a retirada de todos os organismos que ali se fixaram.



Figura 31 – Faces do corpo de prova em contato com a prensa – Detalhe.

Conforme a norma ABNT NBR 5739 (2007), a resistência à compressão deve ser obtida, dividindo-se a carga da ruptura pela área da seção transversal

do corpo-de-prova, devendo o resultado ser expresso com aproximação de 0,1 MPa. Para efeito de cálculo, a área do furo central foi descontada da área total dos corpos de prova.

Após a ruptura, todos os corpos de prova, independente do meio em que estavam eram submetidos ao teste de pH (Figura 32). Foi utilizado para este fim solução de fenolftaleína.



Figura 32 – Uso do indicador de pH (fenolftaleína) – Detalhe.

3.7 AMOSTRAGEM BIOLÓGICA

Para avaliar a incrustação nos três tipos de corpos de prova, optou-se por uma avaliação fotográfica e a raspagem dos mesmos, bem como o armazenamento do material coletado.

Para garantir a precisão das imagens foi necessária a criação de um dispositivo (descrito no anexo II) que mantivesse sempre a mesma distância entre a máquina fotográfica e o corpo de prova (Figura 33) e que ainda facilitasse seu deslocamento, permitindo que este fosse girado sobre um eixo fixo sendo então possível fotografar quatro faces de cada corpo de prova com duas aproximações de zoom distintas, posição normal e zoom de 1.5 (Figura 34). Seria necessário ainda que este dispositivo se adaptasse as amostras de rocha que possuem dimensões diferentes das utilizadas nas amostras de concreto.



Figura 33 – Base para máquina fotográfica.



Figura 34 – Sequência de aproximação das imagens.

Uma régua foi instalada no dispositivo para facilitar a delimitação da área de amostragem, bem como, um contador mecânico onde eram registrados o número do corpo de prova e a face fotografada.

Houve ainda a necessidade de se desenvolver um equipamento (descrito no anexo II) para facilitar a raspagem e a coleta do material incrustado (Figura 35).



Figura 35 – Base de apoio – vista lateral.

Assim que eram retirados da água do estuário os CPs eram delicadamente colocados, em ordem de retirada, dentro de um *container* (Figura 36) com água retirada do local onde permaneciam por alguns minutos até que fossem fotografados, numerados e raspados para coleta dos organismos incrustados.



Figura 36 – Sequência do uso do *container* plástico.

3.7.1 PROCEDIMENTO FOTOGRÁFICO

O levantamento da ocupação do substrato por organismos bentônicos pode ser efetuado de diversas formas, sendo que atualmente ganha cada vez mais importância o uso de imagens fotográficas digitais.

Desde antes do desenvolvimento de equipamentos fotográficos digitais o uso da fotografia já era considerado uma forma simples e rápida de se obter amostras de comunidades bentônicas. Segundo Macedo *et al.* (2006), amostragem por fotografia digital é bastante eficiente, acurada e vantajosa em relação ao método em campo, mas tal opção procede após o conhecimento prévio dos organismos e deve ser adequada aos objetivos finais.

Este método apresenta a vantagem de ser não-destrutivo, possibilitando amostragens repetitivas e permitem arquivamento e revisão dos dados a qualquer momento.

O descritor básico adotado no presente trabalho foi o recobrimento percentual, também conhecido como método dos contatos, obtido através do método da interceptação de pontos, desenvolvido primeiramente por Gounot em 1969 e ainda sendo utilizado por estudos mais recentes como Giordano (2001) e Borges (2002).

Estudos mostraram que a estimativa do recobrimento e o valor do índice de diversidade de Shannon-Wiener (1949) obtidos com o uso desse método de coleta foram muito semelhantes àqueles obtidos por raspagem total dos organismos dos elementos amostrais (SABINO & VILLAÇA, 1999).

A obtenção do recobrimento a partir de fotos digitalizadas pode ser efetuada com considerável precisão com o uso de programas adequados em computador. Os contatos foram sendo registrados com o emprego de uma imagem de grade sobreposta às fotografias obtidas com uma câmera fotográfica Sony Cyber-Shot DSC-TX 10, 16.2 MP - Waterproof, no programa Adobe® Photoshop® (Adobe Systems Incorporated® 1990-2005). O uso desse programa permite o emprego de filtros de cor e luminosidade, variações de contraste, brilho e nitidez, necessários para a adequada identificação dos organismos quando a densidade de ocupação é alta.

Para auxiliar na identificação foram fotografadas, mesmo que sem um padrão de distância rigoroso, as faces já fotografadas com o equipamento adotado como padrão, porém agora imersos. Para tanto foi utilizado um

pequeno aquário contendo água do estuário, onde foram imersos os corpos de prova. A câmera fotográfica utilizada foi uma Sony Cyber-Shot DSC-110, 7.2 MP (Figura 37).

No presente estudo, a imersão dos corpos de prova em água auxiliou sobremaneira a identificação, principalmente das algas (Figura 38).

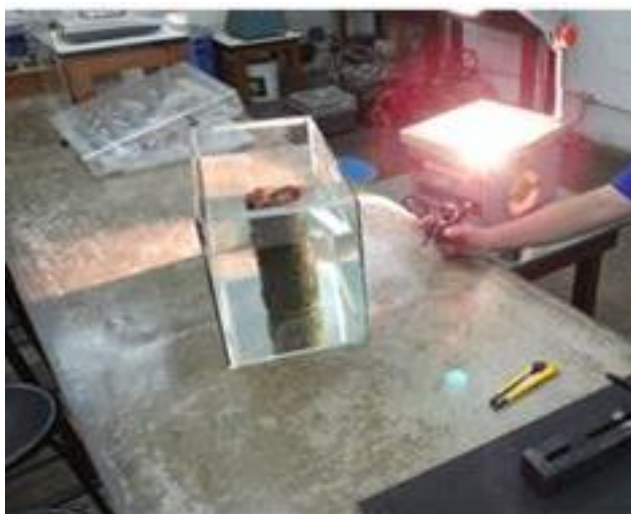


Figura 37 – Fotografia com CP imerso.

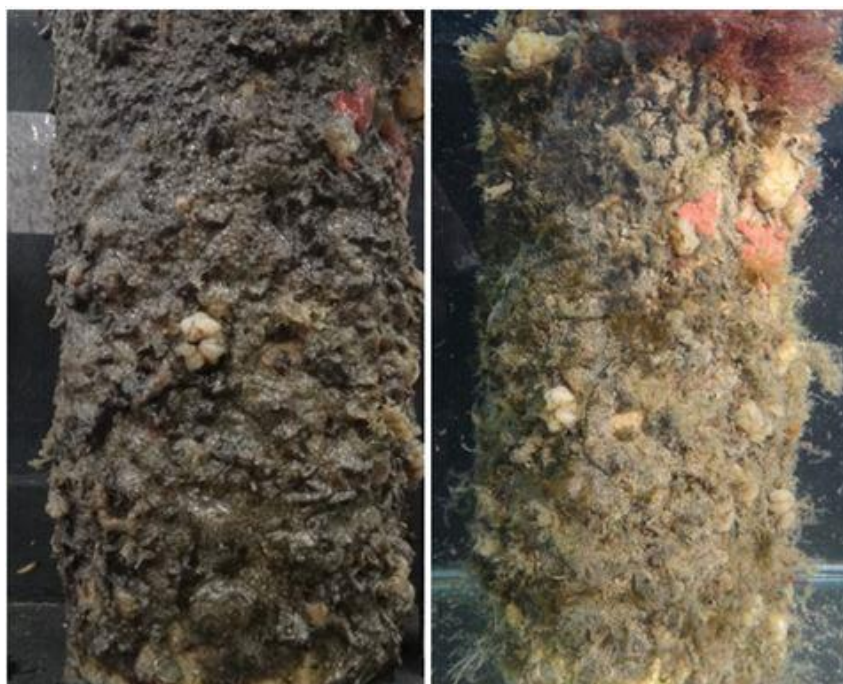


Figura 38 – Comparação das imagens ao ar e submersa.

O recobrimento foi quantificado com densidade de registro de 100 pontos por elemento amostral cada um formado pela interseção de duas linhas, similarmente ao que foi utilizado por Giordano (2001) e Borges (2002). Neste estudo, o elemento corresponde a um quadrado de 10cm x 10cm, composto por dois sub-elementos de 5cm x 10cm, em virtude de a curvatura do substrato interferir na adequada delimitação dos elementos em imagem bidimensional no computador, conforme a figura 39. Assim, tem-se pontos distantes 1cm, regularmente dispostos nos elementos. Para utilização deste método somente foi utilizada a parte central, desprezando-se as áreas correspondentes a 5cm das faces superior e inferior dos corpos de prova. As imagens fotográficas foram analisadas na seqüência da coleta (Figura 40) e geraram tabelas quantitativas e qualitativas das espécies incrustadas.



Figura 39 – Método de quantificação.

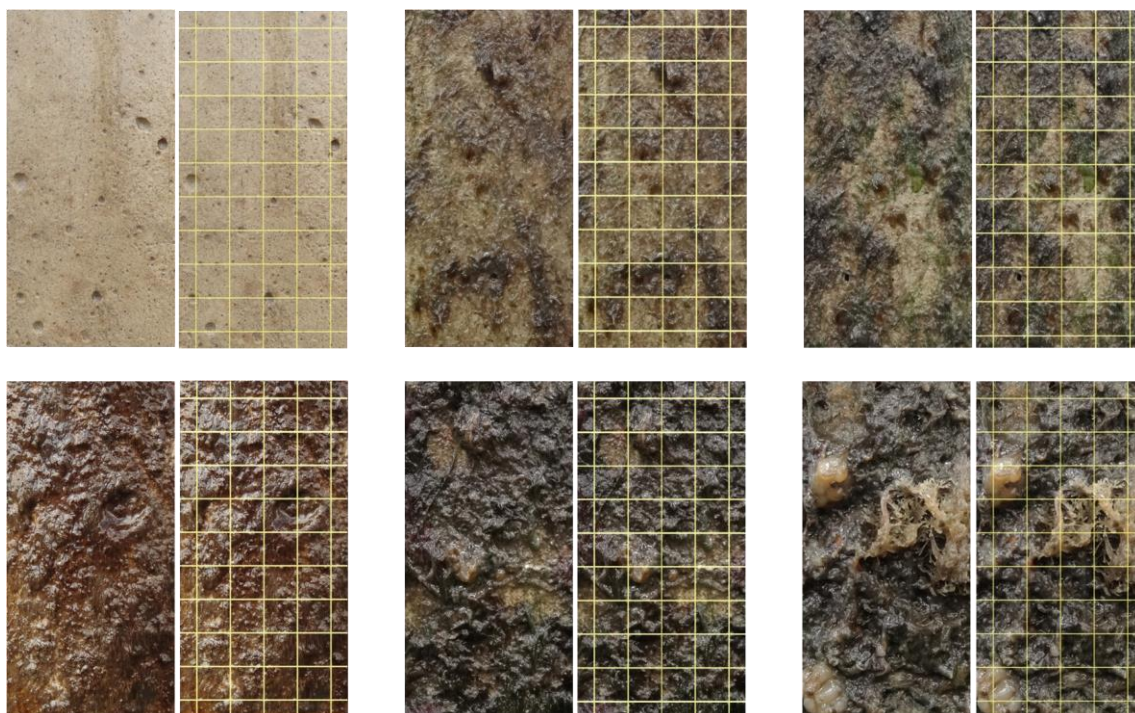


Figura 40 – Evolução da incrustação ao longo do período da pesquisa.

3.7.2 PROCEDIMENTO DE RASPAGEM

Para o procedimento de raspagem no material incrustado utilizou-se o dispositivo desenvolvido para este fim (descrito no anexo II) e ferramentas manuais como estiletes e pinças (Figura 41). Após a raspagem procedeu-se o armazenamento do material coletado em vidros contendo solução de formol (formaldeído) 4% para confirmação da identificação ou maiores esclarecimentos.



Figura 41 – Procedimentos de raspagem.

Como a altura dos CPs era 200 mm foram desprezados, assim como no levantamento fotográfico, os 50 mm próximos de sua base e de seu topo (Figura 42).



Figura 42 – Área útil de coleta.

3.8 TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

Os resultados obtidos nos ensaios de compressão foram tabulados em planilha e avaliados estatisticamente pelo teste t de Student para considerar a diferença estatística dos resultados nas duas condições ambientais (ao ar e submerso) e nas duas composições do substrato (concreto simples, concreto com fibra e rocha), já as análises dos resultados das incrustações obtidas com a identificação dos organismos marinhos por imagens fotográficas foram realizadas utilizando matrizes de valores absolutos de contatos nos elementos amostrais gravados como arquivos de caracteres ASCII. As espécies foram dispostas em linhas e os elementos amostrais em colunas. Os espaços vazios também foram inseridos em uma linha e considerados na categoria de espécie. Por fim, os resultados das incrustações foram comparados estatisticamente aos resultados de resistência para correlacionar os dois aspectos evidenciando as tendências quanto à diversidade e riqueza e sua influência na resistência dos materiais.

Na análise dos corpos de prova de rocha não foram consideradas as diferenças em relação ao concreto tais como a composição química e rugosidade. A inclinação provocada pelo cabo de ligação com o flutuador que permitiu uma maior insolação de um de seus lados foi considerada como fator importante para a ocorrência de algas. Já suas menores dimensões não afetaram os cálculos de resistência, pois a carga a qual foi submetido o corpo de prova no ensaio de ruptura incide sobre a área que era proporcional aos corpos de prova de concreto simples e concreto com fibras aos quais foi comparada. Na análise das incrustações também foi considerada área proporcional aos elementos amostrais em concreto.

O índice de diversidade de Shannon (Shannon, 1948), foi estimado com base na frequência das espécies em cada um dos substratos. Já para descrever a heterogeneidade foi utilizada a forma de dendograma a partir da estratégia de agrupamento em modo R fusão Ligação Completa no índice de similaridade de Kulczynski entre espécies e também para Análise de

agrupamento utilizando o índice de similaridade de Morisita-Horn, fusão UPGMA entre corpos de prova de concreto simples e concreto com fibras.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 RESULTADOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Com os resultados obtidos nos ensaios de compressão realizados nos corpos de prova de rocha, concreto simples e concreto com adição de fibras de coco foram criadas as Tabelas 1, 2, 3, 4, 5 e 6 abaixo:

4.1.1 CORPOS DE PROVA DE ROCHA

Tabela 1 – Resultados dos ensaios nos corpos de prova de rocha – condição seca.

Resultados dos ensaios de compressão dos corpos de prova (CPs) de rocha - condição seca					
Tempo de submersão após 28 dias de cura em câmara úmida	Número CP	Carga (Kgf)	Área do CP (cm²)	Resistência a compressão (Mpa)	Resultado médio (Mpa)
7 dias	1	11090	23.746	46,70	41,07
	2	7660		32,26	
	3	10260		43,21	
	4	10000		42,11	
14 dias	5	9780	23.746	41,19	38,28
	6	9740		41,02	
	7	10710		45,10	
	8	*6130		25,81	
21 dias	9	*5970	23.746	25,14	41,68
	10	10840		45,65	
	11	8700		36,64	
	12	14080		59,29	
28 dias	13	14720	23.746	61,99	57,02
	14	13720		57,78	
	15	10550		44,43	
	16	15170		63,88	
56 dias	17	9800	23.746	41,27	44,06
	18	11780		49,61	
	19	10450		44,01	
	20	9820		41,35	
84 dias	21	11670	23.746	49,15	45,24
	22	12400		52,22	
	23	8790		37,02	
	24	10110		42,58	

*Algum comprometimento visível na planicidade da base ou topo

Tabela 2 – Resultados dos ensaios nos corpos de prova de rocha – condição submerso.

Resultados dos ensaios de compressão dos corpos de prova (CPs) de rocha - condição submersa					
Tempo de submersão após 28 dias de cura em câmara úmida	Número CP	Carga (Kgf)	Área do CP (cm²)	Resistência a compressão (Mpa)	Resultado médio (Mpa)
7 dias	1	8270	23.746	34,83	37,92
	2	8860		37,31	
	3	9980		42,03	
	4	8910		37,52	
14 dias	5	8990	23.746	37,86	51,25
	6	7310		30,78	
	7	**21300		89,70	
	8	11080		46,66	
21 dias	9	10170	23.746	42,83	43,42
	10	9080		38,24	
	11	10490		44,18	
	12	11500		48,43	
28 dias	13	13210	23.746	55,63	48,32
	14	9710		40,89	
	15	12530		52,77	
	16	10450		44,01	
56 dias	17	8760	23.746	36,89	44,92
	18	9530		40,13	
	19	12620		53,15	
	20	11760		49,52	
84 dias	21	13060	23.746	55,00	42,19
	22	7830		32,97	
	23	10820		45,57	
	24	8360		35,21	

******Uso de neoprene

O uso de espaçadores de neoprene na base e no topo do corpo de prova, aonde existe o contato com as cabeças da prensa, foi tentado como forma de se minimizar irregularidades na planicidade destas faces ocasionados pelo corte da peça ou por defeitos do próprio material. Este procedimento mostrou-se ineficaz produzindo uma distorção nos valores de resistência.

Em função das amostras de rocha obtidas serem muito heterogêneas em suas composições, as médias dos resultados das resistências com base no ensaio de compressão variaram significativamente (Tabelas 1 e 2), com desvio padrão mais alto nos corpos de prova de rocha na condição seca ($d=\pm 6,57\text{MPa}$) do que na condição imersa ($d=\pm 4,69\text{MPa}$) ficando impossível se fazer uma associação de resistência com colonização.

O resultado do teste de Student, aplicado as médias das resistências à compressão (Figura 43) entre rocha seca e imersa, se mostrou significativo ($p>0,05$), sendo esse fato associado a composição do material que apresenta maior interferência nos resultados do que o meio ambiente onde o corpo de prova está inserido, já que não ocorrem prejuízos em suas resistências quando submetidos à imersão em águas marinhas. Os CPs de rocha serviram, portanto, para demonstrar que esta é muito mais resistente que o concreto mesmo em CPs com dimensões muito inferiores as do CPs de concreto ficando evidente que este material é apropriado para ser usado em estruturas como um recife artificial, se considerado apenas o aspecto resistência. Foram utilizadas estas amostras de rocha também para avaliação da colonização neste tipo de material.

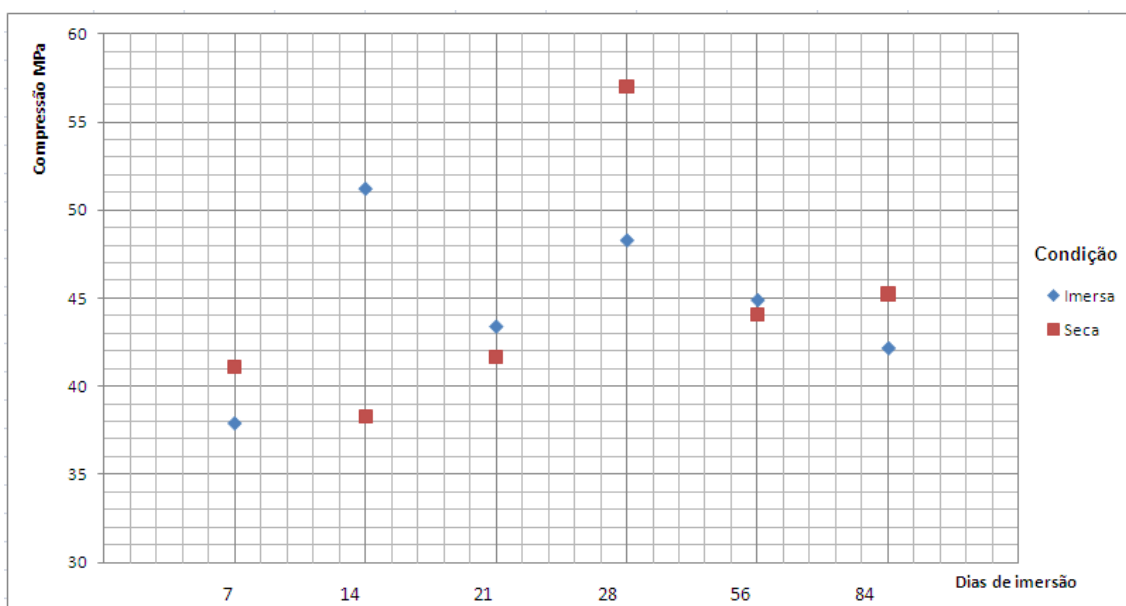


Figura 43 – Evolução da média das resistências a compressão dos CPs de rocha ao longo das coletas.

4.1.2 CORPOS DE PROVA DE CONCRETO SIMPLES

Tabela 3 – Resultados dos ensaios nos corpos de prova de concreto simples – condição seca.

Resultados dos ensaios de compressão dos corpos de prova (CPs) concreto simples – condição seca					
Tempo de submersão após 28 dias de cura em câmara úmida	Número CP	Carga (Kgf)	Área do CP (cm²)	Resistência a compressão (Mpa)	Resultado médio (Mpa)
7 dias	1	12720	75.360	16,88	15,73
	2	13750		18,25	
	3	*9950		13,20	
	4	10980		14,57	
14 dias	5	10280	75.360	13,64	16,44
	6	10040		13,32	
	7	13270		17,61	
	8	15950		21,17	
21 dias	9	12460	75.360	16,53	16,46
	10	12770		16,95	
	11	11550		15,33	
	12	12830		17,02	
28 dias	13	13130	75.360	17,42	16,76
	14	14030		18,62	
	15	12190		16,18	
	16	11160		14,81	
56 dias	17	14180	75.360	18,82	17,74
	18	13620		18,07	
	19	12300		16,32	
	20	13390		17,77	
84 dias	21	15680	75.360	20,81	18,04
	22	13780		18,28	
	23	12950		17,18	
	24	11970		15,88	

*Algum comprometimento visível na planicidade da base ou topo

Tabela 4 – Resultados dos ensaios nos corpos de prova de concreto simples – condição submerso.

Resultados dos ensaios de compressão dos corpos de prova (CPs) concreto simples - condição submerso					
Tempo de submersão após 28 dias de cura em câmara úmida	Número CP	Carga (Kgf)	Área do CP (cm²)	Resistência a compressão (Mpa)	Resultado médio (Mpa)
7 dias	1	9680	75.360	12,85	17,10
	2	15550		20,63	
	3	14350		19,04	
	4	11970		15,88	
14 dias	5	10550	75.360	14,00	17,50
	6	16020		21,26	
	7	12170		16,15	
	8	14010		18,59	
21 dias	9	14320	75.360	19,00	17,24
	10	12230		16,23	
	11	15060		19,98	
	12	10360		13,75	
28 dias	13	12150	75.360	16,12	17,58
	14	12310		16,33	
	15	16240		21,55	
	16	12290		16,31	
56 dias	17	12280	75.360	16,30	17,59
	18	12920		17,14	
	19	15040		19,96	
	20	12780		16,96	
84 dias	21	11800	75.360	15,66	17,30
	22	12470		16,55	
	23	11620		15,42	
	24	16260		21,58	

4.1.3 CORPOS DE PROVA DE CONCRETO COM FIBRA DE COCO

Tabela 5 – Resultados dos ensaios nos corpos de prova de concreto com adição de fibra de coco – condição seca.

Resultados dos ensaios de compressão dos corpos de prova (CPs) concreto com adição de fibras de coco - condição seca					
Tempo de submersão após 28 dias de cura em câmara úmida	Número CP	Carga (Kgf)	Área do CP (cm²)	Resistência a compressão (Mpa)	Resultado médio (Mpa)
7 dias	1	12680	75.360	16,83	16,70
	2	11980		15,90	
	3	12700		16,85	
	4	12990		17,24	
14 dias	5	14120	75.360	18,74	17,32
	6	12690		16,84	
	7	12250		16,26	
	8	13140		17,44	
21 dias	9	13210	75.360	17,53	17,13
	10	13780		18,29	
	11	11830		15,70	
	12	12820		17,01	
28 dias	13	13560	75.360	17,99	17,29
	14	12670		16,81	
	15	11980		15,90	
	16	13900		18,44	
56 dias	17	10680	75.360	14,17	17,19
	18	13230		17,56	
	19	12920		17,14	
	20	14980		19,88	
84 dias	21	13780	75.360	18,29	17,47
	22	12070		16,02	
	23	14200		18,84	
	24	12610		16,73	

Tabela 6 – Resultados dos ensaios nos corpos de prova de concreto com adição de fibra de coco – condição submerso.

Resultados dos ensaios de compressão dos corpos de prova (CPs) concreto com adição de fibras de coco - condição submerso					
Tempo de submersão após 28 dias de cura em câmara úmida	Número CP	Carga (Kgf)	Área do CP (cm²)	Resistência a compressão (Mpa)	Resultado médio (Mpa)
7 dias	1	11150	75.360	14,80	12,84
	2	9950		13,20	
	3	7620		10,11	
	4	9970		13,23	
14 dias	5	8790	75.360	11,66	11,10
	6	7280		9,66	
	7	7580		10,06	
	8	9820		13,03	
21 dias	9	8990	75.360	11,93	13,48
	10	8910		11,82	
	11	12090		16,04	
	12	10640		14,12	
28 dias	13	9580	75.360	12,71	13,93
	14	11180		14,84	
	15	***4910		6,52	
	16	10730		14,24	
56 dias	17	12130	75.360	16,10	17,71
	18	10620		14,09	
	19	14700		19,51	
	20	15930		21,14	
84 dias	21	15050	75.360	19,97	17,60
	22	14010		18,59	
	23	10770		14,29	
	24	13220		17,54	

*** Desconsiderado devido a erro na operação da prensa

Conforme o estudo de Portella *et al.* (2001) já evidenciava, houve um aumento de resistência mecânica durante o período de envelhecimento do concreto, considerado entre o primeiro e o último teste de resistência. Este aumento ocorreu tanto no concreto simples (Tabelas 3 e 4) quanto no concreto com fibras de coco (Tabelas 5 e 6), porém de forma muito distinta entre os dois casos. O concreto simples em condição seca apresentou uma evolução da resistência de 14,7% bem acima do esperado que seria em torno dos 10%. Já

na condição imerso este percentual cai para 2,9%, provavelmente causado pelo ataque dos produtos químicos e dos sulfatos presentes nas águas marinhas que atacam as ligações carbonáticas do concreto, porém seus valores estiveram sempre acima da condição seca nas primeiras quatro coletas muito provavelmente porque a água marinha colaborou no processo final de cura que ocorreu nos primeiros dias de submersão, já a partir da quinta coleta as resistências à compressão mostraram-se compatíveis com os da condição seca. O concreto simples submerso apresentou também o menor desvio padrão ($d=\pm 0,201\text{MPa}$) em relação aos resultados de ruptura de todos os tipos de concreto.

“Além do ataque de cloretos, obras em contato com água do mar podem levar à formação de etringita secundária, material de caráter expansivo, pela reação dos aluminatos do cimento e sulfatos da água do mar. A pressão de cristalização desse componente é muito grande, com expansão de mais de 300%” (ABCP, 2010).

O concreto com fibras na condição seca se comportou de forma distinta tendo evoluído sua resistência em 4,6% apresentando um menor desvio padrão ($d=\pm 0,264\text{MPa}$) em relação ao concreto com fibra imerso e comportando-se de forma muito similar ao concreto simples imerso, estando este último em uma condição teoricamente mais agressiva demonstrando que o acréscimo da fibra de coco diminuiu sua resistência à compressão inicial. Já na condição imerso evoluiu em 37,1%. Esta evolução muito acima do esperado pode ter ocorrido devido aos valores de resistência na primeira coleta serem muito baixos e ainda diminuir na segunda coleta. Provavelmente a fibra imersa pode ter permitido a infiltração da água do mar até o interior do CP diminuindo sua resistência nas primeiras idades o que não ocorreu nas últimas coletas. Na 5ª e 6ª coletas os valores se aproximaram das outras condições.

Através da avaliação estatística pode-se inferir que o concreto de fibra de coco na condição seca e o concreto simples submerso apresentam resultados sem variações significativas ($p<0,05$, teste T). Na figura 44 se verifica que o concreto simples submerso e com fibra na condição seca apresentam resultados compatíveis em todas idades de ruptura.

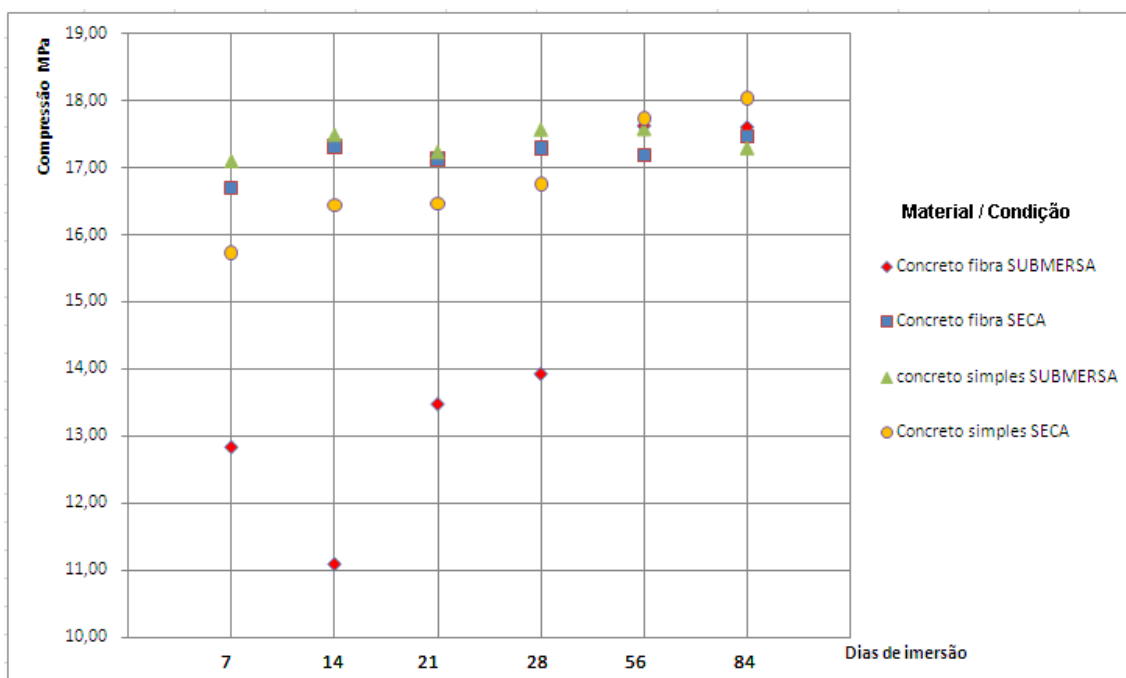


Figura 44 – Evolução da média das resistências a compressão dos CPs de concreto ao longo das coletas.....

4.2 RESULTADOS DAS INCRUSTAÇÕES

Foram encontrados 32 morfotipos, além do espaço vazio nos três substratos estudados tratados aqui como espécies ou unidades taxonômicas. As imagens fotográficas foram analisadas na seqüência da coleta e geraram tabelas quantitativas e qualitativas das espécies incrustadas.

4.2.1 OCORRÊNCIA DE ORGANISMOS

Tabela 7 – Organismos encontrados

FILO/DIVISÃO	CLASSE	FAMÍLIA	Unidade Taxonômica
OCHROPHYTA	Bacillariophyceae		Bacillariophyceae (BACI)
CHLOROPHYTA	Ulvophyceae	Bryopsidaceae	<i>Bryopsis</i> sp. (BR)
		Ulvaceae	<i>Ulva</i> spp. (UL)
		Cladophoraceae	<i>Cladophora</i> sp.(CL)
RHODOPHYTA	Florideophyceae	Ceramiales	Ceramiales 1
			Ceramiales 2
		Wrangeliaceae	<i>Wrangelia</i> sp. (WRA)
		Gigartinales	Gigartinales (GIG)
CNIDARIA	Hydrozoa	Campanulidae	<i>Obelia</i> sp. (HYD1)
		Eudendriidae	<i>Eudendrium</i> sp. (HYD2)
		Sertulariidae	Sertulariidae 1 (HYD3)
		Tubulariidae	Tubulariidae 1 (HYD4)
ANNELIDA	Polychaeta	Serpulidae	Serpulidae 1 (SER1)
			Serpulidae 2 (SER2)
MOLLUSCA	Bivalvia	Mytilidae	Mytilidae (MYT)
ARTHROPODA		Balanidae	<i>Balanus</i> sp. (CR)
BRYOZOA			Bryozoa 1 (BRY1)

		Membraniporidae	<i>Membranipora</i> sp. (MEM)
		Bugulidae	<i>Bugula</i> sp. (BRY2) <i>Zoobotryon verticillatum</i> (ZOO)
CHORDATA	Ascidacea	Didemnidae	Didemnidae 1 (DID1) Didemnidae 2 (DID2) Didemnidae 3 (DID3) <i>Didemnum perlucidum</i> (DPER) <i>Diplosoma listerianum</i> (DLIST)
		Polyclinidae	<i>Aplidium accareense</i> (AA)
		Polycitoridae	<i>Eudistoma</i> sp. (EU)
		Styelidae	<i>Styela plicata</i> (STY) <i>Symplegma viride</i> (SV) <i>Symplegma brakenhielmi</i> (SB)

Ceramiaceae 1 (CER1) inclui algas dos gêneros *Centroceras* e *Ceramium*

Ceramiaceae 2 (CER2) vários gêneros de filamentosas muito finas

Gigartinaceae – possivelmente *Chondracanthus*

Serpulidae 1 – tubo pergamináceo

Serpulidae 2 – tubo membranáceo esverdeado, maior que SER1

Didemnidae 1 – ascídia clara salpicada, indefinido se seria *Lissoclonium* ou outra

Didemnidae 2 – ascídia vermelha, pode ser *Didemnum rodriguesi* ou *D. granulatum*

Didemnidae 3 – ascídia bege, não foi possível reconhecer espécies, mas é da família.

Bryozoa 1 – briozoário pouco ramificado, mole, muito pequeno

NI1 – provavelmente cianobactérias.

4.2.1.1 RECOBRIMENTO PERCENTUAL

Foram também quantificadas as espécies através do recobrimento percentual utilizando o numero de contatos de cada espécie pelo numero total de contatos. Adotado “R” para coletas de rocha, CS para coletas de concreto simples e CF para coletas de concreto com fibras e o algarismo a seguir indica o numero da coleta.

Tabela 8 - Recobrimento percentual em rocha.

	R1		R2		R3		R4		R5		R6	
	Média	desvio	Média	desvio	Média	desvio	Média	desvio	Média	desvio	Média	desvio
AA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
BACI	0,57	0,15	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,05
BRY2	0,00	0,00	0,25	0,11	0,02	0,01	0,03	0,04	0,23	0,08	0,30	0,10
CER1	0,00	0,00	0,37	0,15	0,05	0,05	0,02	0,02	0,13	0,11	0,10	0,05
CER2	0,00	0,00	0,26	0,10	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
CL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,02	0,00	0,01
CR	0,00	0,00	0,08	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00
DID1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
DID2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,05
DID3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00
EU	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,15	0,07
HYD1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,09	0,76	0,13	0,29	0,12	0,00	0,00
HYD2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,07	0,08	0,06	0,09	0,03	0,06
NI1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MYT	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02
SER1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,02	0,12	0,07
SER2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,01
STY	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,17	0,17
SV	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
UL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
VZ	0,43	0,15	0,03	0,04	0,07	0,07	0,00	0,00	0,08	0,10	0,01	0,02

Tabela 10 - Recobrimento percentual em concreto com fibras.

	CF1		CF2		CF3		CF4		CF5		CF6	
	Média	desvio	Média	desvio	Média	desvio	Média	desvio	Média	desvio	Média	desvio
AA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,07
BACI	0,27	0,12	0,13	0,03	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
BR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,03	0,00	0,00	0,05	0,03	0,01	0,01
BRY1	0,00	0,00	0,17	0,08	0,15	0,03	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
BRY2	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01	0,01	0,23	0,05	0,19	0,11	0,14	0,06
CER1	0,00	0,00	0,20	0,06	0,05	0,03	0,24	0,07	0,03	0,02	0,05	0,02
CER2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,05	0,09	0,06	0,07	0,04	0,12	0,02
CL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,07	0,06	0,05	0,04	0,01	0,01
CR	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DID1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DID2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
DID3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
DLIST	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,08	0,04
DPER	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
EU	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
GIG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
HYD1	0,00	0,00	0,38	0,08	0,40	0,17	0,00	0,01	0,20	0,04	0,27	0,10
HYD2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,04
HYD3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
HYD4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,06
NI1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,04	0,03	0,02	0,06	0,07	0,00	0,00
MEM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,01
MYT	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SB	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
SER1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,15	0,11	0,06	0,01
SER2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01	0,02
STY	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,05	0,03	0,05
SV	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
UL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,09	0,11	0,08	0,06	0,04	0,08	0,16
VZ	0,73	0,10	0,09	0,08	0,08	0,11	0,17	0,04	0,03	0,03	0,01	0,01
WRA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,03	0,00	0,00
ZOO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01

Comparando as espécies encontradas neste estudo (Tabela 7) com as que aparecem em outros trabalhos que usaram a mesma metodologia e períodos de pesquisa relativamente próximos, nota-se que as espécies são basicamente as mesmas apesar de ocorrerem em lugares muitas vezes bem distintos. Kerckhof *et al.*, (2009) realizou estudo na costa da Holanda durante

um período de três meses e meio identificando o que considerou como colonização inicial rápida, 4 espécies de algas e 44 de invertebrados. Abrangendo basicamente o mesmo tempo de estudo e se utilizando da colonização de elementos de concreto, este número de espécies está bem próximo ao encontrado no estuário santista diferindo da colonização em área temperada em relação à colonização por *ascídias* e *hidrozoários* que aqui foi importante. O gênero *Ulva*, por exemplo, predomina porem com espécies diferentes das encontradas no Brasil. Outras abundantes que também foram encontrados aqui são os representantes dos crustáceos compostos por anfípodos e briozoários.

Já o estudo de Andersson *et al.*, (2009) na costa da Suécia, portanto em outra área fria, mas em região estuarina como em Santos e utilizando a mesma metodologia com emprego de fotografia na identificação das incrustações, observou que em alguns casos foi impossível a distinção de agrupamentos de espécies nas imagens, o que levou esses organismos a serem tratados em conjunto, como um grupo, o que também foi adotado no presente estudo. Assim ficou evidente algumas das dificuldades comuns ao emprego desta metodologia, porém que não tiveram influência nos resultados e devido às inúmeras facilidades e alternativas permitidas pelo uso de imagens optou-se pelo seu emprego em ambos os trabalhos. Com relação às espécies encontradas, o estudo na Suécia demonstrou que após 60 dias, *ascídias* solitárias e poliquetos tubícolas (fam. Serpulidae) foram observados em quantidade, mas hidroides foram dominantes até o terceiro mês, momento em que as *ascídias* ganharam importância, configurando uma seqüência parecida, porém mais lenta provavelmente devido as condições climáticas.

A seqüência de colonização no presente estudo independentemente do substrato é iniciada por diatomáceas Bacillariophyceae seguida de Briozoários e Ceramiaceae, a seguir pelos hidrozoários e por fim *ascídias*. Toda esta seqüência parece ser mais acelerada na rocha demonstrando alguma interferência do substrato na fase inicial de colonização (Tabelas 8, 9 e 10). Isto pode ter ocorrido devido a constituição química do concreto, já na rocha não se verifica este tipo de interação, porem depois que o biofilme se estabelece os

comportamentos dos materiais vão gradativamente se assemelhando. O número de vazios, por exemplo, foi decrescendo gradativamente ao longo do período da pesquisa nos três substratos analisados, porém na rocha já na primeira coleta seu valor era bem inferior ao do concreto simples e do concreto com fibras, o que ocorreu em todas as coletas em números menos expressivos com exceção da 4ª coleta onde curiosamente na rocha não ocorreram vazios e em ambos os substratos de concreto ocorreram os maiores valores.

Ulva aparece nos substratos de concreto simples e concreto com fibras a partir da 3ª coleta e permanecem em pequenas quantidades até a última, já na rocha também surgem na 3ª coleta, porém desaparecem a partir da 4ª não retornando em números expressivos até o término da pesquisa. Como estes corpos de prova estavam ligeiramente inclinados e fixados abaixo dos de concreto muito provavelmente foram sombreados por estes, o que pode ter inibido o desenvolvimento das algas.

Quanto a incrustação nos diferentes materiais utilizados neste estudo, trabalhos como o de Glasby (2007) realizado no porto de Sydney, Austrália que teve como objetivo testar a influência do recrutamento no assentamento de espécies invasoras e nativas em substratos naturais e artificiais (painéis de 15 x 15cm de arenito, concreto e madeira) e que também se utilizou da amostragem fotográfica em imagens para a obtenção de dados, demonstra que o recrutamento de espécies invasoras como *Diplosoma listerianum* e *Ulva* é maior no concreto que no arenito ou na madeira, o que também ocorreu no presente estudo porém, entre concretos e rocha, sendo indistinta entre concreto simples e concreto com fibras. Nota-se que mesmo em lugares muito distintos ocorreram gêneros semelhantes ao observados na zona do estuário de Santos.

Outro estudo onde não ocorreram variações significativas na colonização dos diferentes substratos utilizados foi o de Vaz-Pinto *et al.*, (2013) em Açores utilizando placas de basalto, concreto e fibra de vidro submersas a profundidade de 1 metro e empregando a metodologia de remoção total da

biota. Foram identificados neste estudo 109 espécies, porém no período de um ano.

Espécies oportunistas como *Balanus sp* e principalmente *Obelia sp* aparecem com relativa importância, caso que também ocorreu no estudo de Krohling *et al.*, (2006) que teve como objetivo identificar o período de recrutamento e a influência de parâmetros ambientais, como pluviosidade e descarga do Rio Paraíba do Sul nas espécies recrutadas na Praia de Manguinhos, RJ.

Estudos de 2 anos em Hong Kong realizado por QIU *et al.*, (2003), avaliando o efeito do substrato (concreto, aço, madeira e pneus) no desenvolvimento das comunidades também concluíram que para sucessão de maior prazo, o substrato pouco influi e que há influência no período inicial de colonização, mas isso não pode ser evidenciado na janela de observação adotada, que foi de 3 meses, a mesma adotada no presente estudo que não mostrou diferença significativa entre a colonização dos diversos materiais.

Quando se optou pelo uso da fibra de coco adicionada ao concreto, esperava-se um ganho não só na resistência a compressão deste material, bem como no processo de colonização. Esta, porém, ocupou primordialmente as partes mais internas dos corpos de prova, ficando poucas fibras expostas nas faces do concreto, este fato ocorreu devido a homogeneidade da mistura ser um fator muito importante na confecção de artefatos de concreto e ao se procurar este objetivo as fibras ficaram dispostas uniformemente na massa. Sendo assim, pouca ou nenhuma influência teve na colonização ocasionando apenas perda de resistência inicial nos corpos de prova com esta adição.

Comparando as espécies encontradas neste estudo com as que Giordano (2001) e Borges (2002) obtiveram no mesmo canal estuarino porém em épocas diferentes e utilizando materiais diferentes verifica-se que são semelhantes com exceção das algas, haja visto que os autores trabalharam com incrustações na face inferior de placas cerâmicas. Neste sentido cabe ressaltar que apesar da diferença de materiais, as espécies foram basicamente

as mesmas. A sequência de colonização em virtude da exposição dos corpos de prova a luz foi obviamente diferente, pois neste estudo a predominância inicial de microalgas foi favorecida por esta exposição. *Obelia*, *Bugula*, Serpulidae e *Styela plicata* são organismos que ocorrem em números mais expressivos neste trabalho sendo os mesmos nos três materiais estudados.

A semelhança com o trabalho de Giordano (2001) quanto às espécies é evidente quando analisados os mesmos períodos de imersão. Em termos quantitativos, principalmente nos corpos de prova de rocha, são muito mais evidentes. Na comparação entre os dois trabalhos nota-se que nas placas cerâmicas utilizadas são mais próximas dos corpos de prova de concreto principalmente na velocidade da colonização.

4.2.2 ÍNDICES ECOLÓGICOS

Como critérios de identificação e análise dos resultados foram utilizados métodos e técnicas já consagradas que produzem resultados confiáveis e que são adotados por pesquisadores de várias regiões do mundo.

4.2.2.1 ÍNDICES DA ROCHA

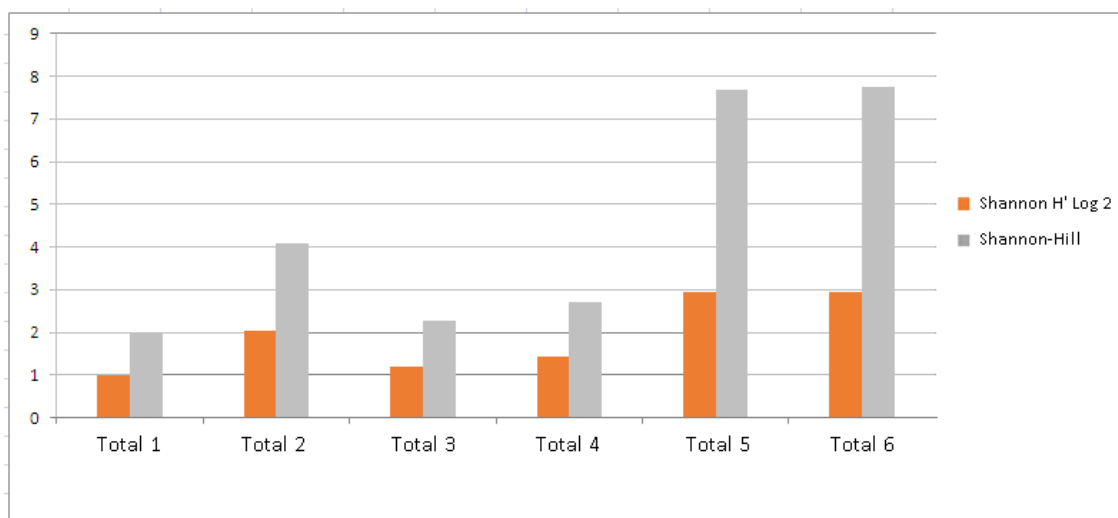


Figura 45 – Diversidade de Shannon H' LOG 2 E Shannon Hill (Rocha).

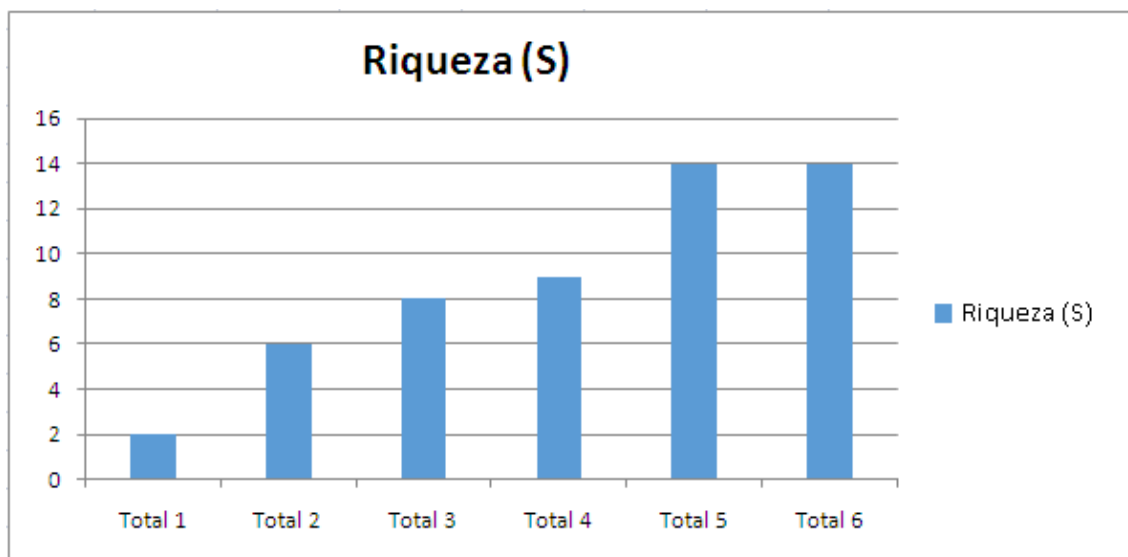


Figura 46 – Índice de riqueza (Rocha).

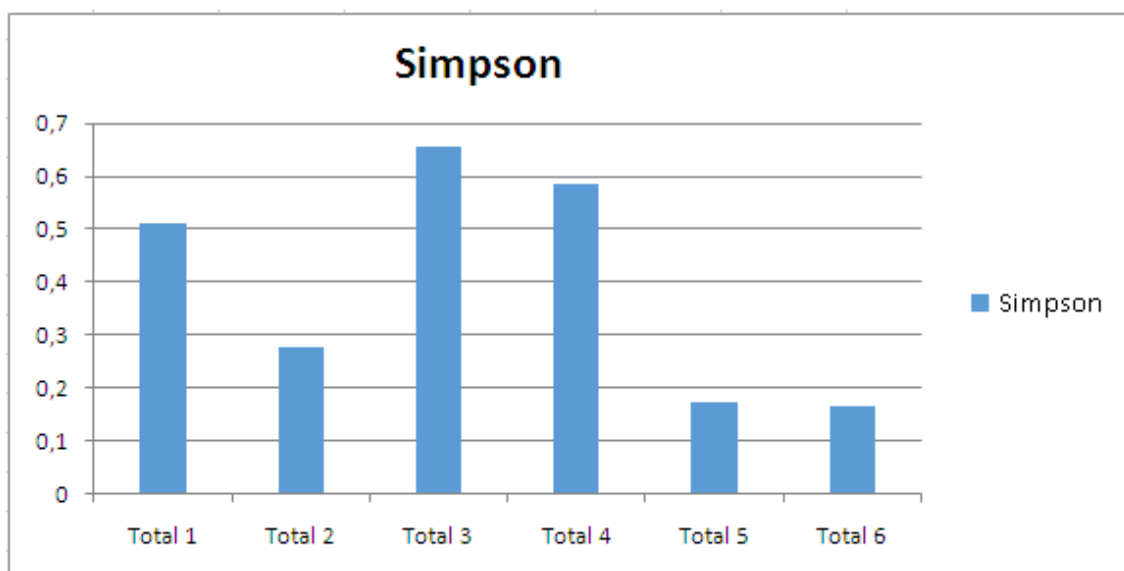


Figura 47 – Índice de dominância (Rocha).

Tabela 11 - Índices ecológicos calculados sobre o total de CPs de rocha no momento de cada coleta.

ÍNDICES	MOMENTOS					
	1	2	3	4	5	6
RIQUEZA (S)	2	6	8	9	14	14
SHANNON ($\log_2$)	0,985	2,033	1,185	1,433	2,943	2,953
SHANNON-HILL	1,98	4,094	2,273	2,700	7,690	7,744
SIMPSON (λ)	0,51	0,276	0,656	0,586	0,173	0,167

4.2.2.2 ÍNDICES DO CONCRETO SIMPLES E CONCRETO COM FIBRAS

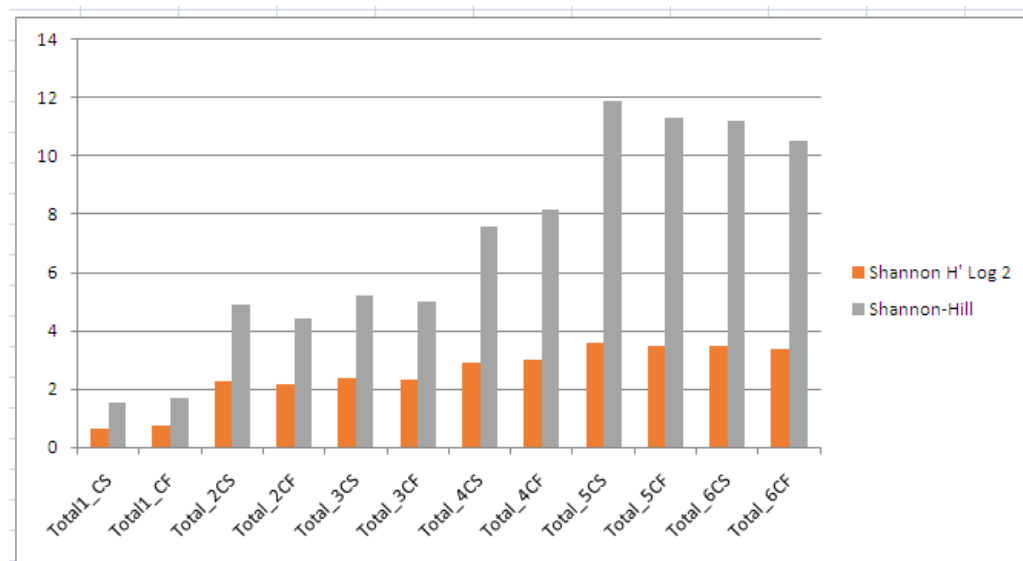


Figura 48 – Diversidade de Shannon H' LOG 2 E Shannon Hill (CS e CF).

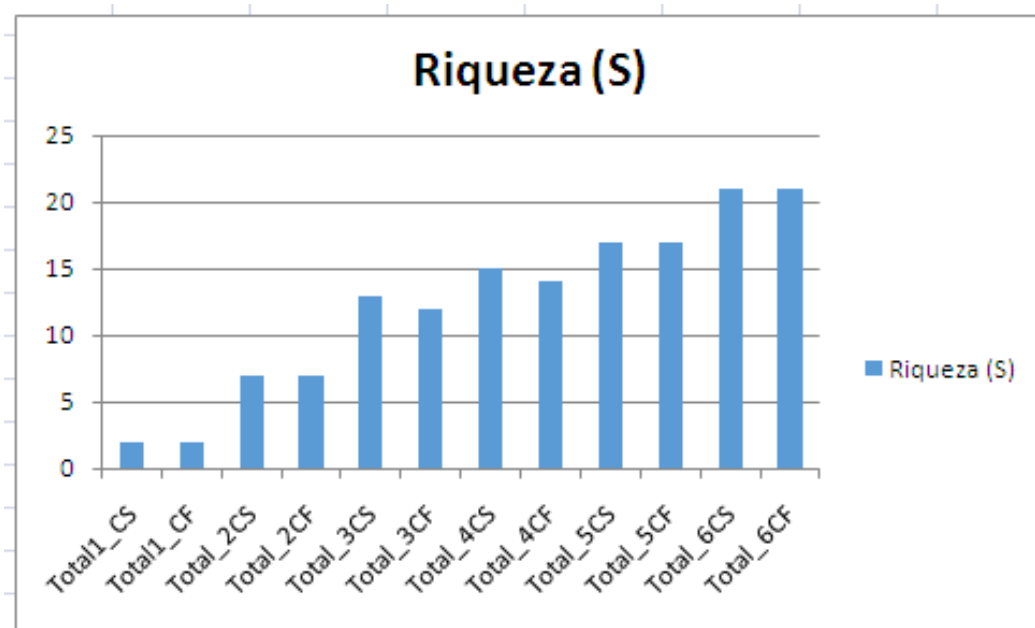


Figura 49 – Índice de riqueza (CS e CF).

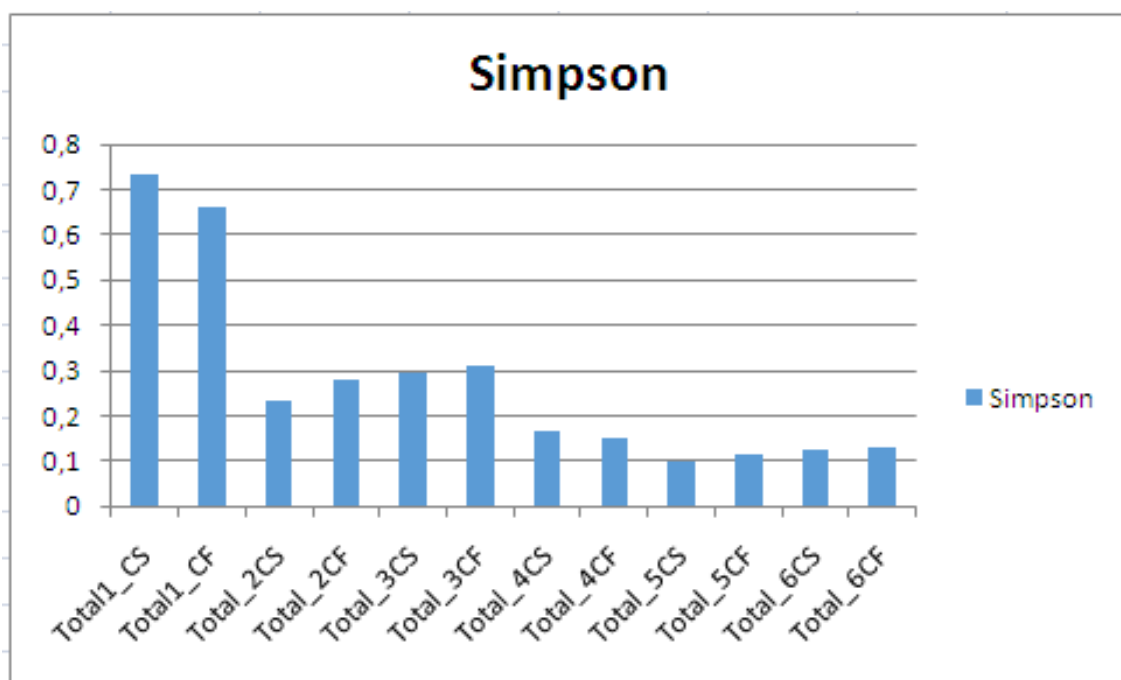


Figura 50 – Índice de dominância (CS e CF).

Tabela 12 - Índices ecológicos calculados sobre o total de CPs de Concreto Simples no momento de cada coleta.

ÍNDICES	MOMENTOS					
	1	2	3	4	5	6
RIQUEZA (S)	2	7	13	15	17	21
SHANNON ($\log_2$)	0,634	2,295	2,382	2,922	3,571	3,487
SHANNON-HILL	1,552	4,907	5,213	7,580	11,886	11,210
SIMPSON (λ)	0,731	0,233	0,295	0,165	0,100	0,123

Tabela 13 - Índices ecológicos calculados sobre o total de CPs de Concreto com Fibras no momento de cada coleta.

ÍNDICES	MOMENTOS					
	1	2	3	4	5	6
RIQUEZA (S)	2	7	12	14	17	21
SHANNON ($\log_2$)	0,756	2,151	2,326	3,027	3,496	3,396
SHANNON-HILL	1,688	4,441	5,015	8,153	11,284	10,525
SIMPSON (λ)	0,660	0,282	0,308	0,149	0,116	0,128

Os gráficos de Shannon e Shannon-Hill (Figuras 45 e 48) avaliam a diversidade, ou seja, a heterogeneidade de ocorrências, quanto mais alto o valor da diversidade de Shannon e Shannon-Hill mais heterogênea é aquela comunidade, quantitativa e qualitativamente. Observa-se que no caso da rocha as duas primeiras coletas seguem em um aumento esperado, porém na terceira coleta há uma sensível diminuição na variedade de espécies retornando aos patamares da primeira devido à alta ocorrência da espécie *Obelia* (Tabela 8). A retomada do crescimento da diversidade volta a ocorrer de forma mais expressiva na quinta coleta quando esta espécie entra em declínio e na última coleta quando finalmente desaparece. Os índices de riqueza (Figuras 46 e 49) que representam a evolução do número total de espécies evoluiu como esperado aumentando ao longo do período de estudo, inversamente proporcional ao índice de dominância que sofre uma alteração também influenciada pela abundância desta mesma espécie na terceira coleta.

Nos índices ecológicos calculados sobre o total de corpos de prova dos três materiais estudados (Tabelas 11, 12 e 13), percebe-se que nos índices de dominância de Simpson (Figuras 47 e 50) os valores vão caindo à medida que vai passando o tempo, esta tendência é característica de colonização de qualquer substrato, assim que riqueza vai aumentando acontece uma redução da dominância e um aumento da diversidade. As comunidades de espécies encontradas nas últimas coletas, notadamente na 5ª e 6ª demonstraram que a tendência de uma maior diversidade e por consequência uma menor dominância foi muito mais acentuada nos corpos de prova de concreto simples e concreto com fibras.

Cabe ressaltar que o índice de riqueza que é o número total de espécies de um elemento amostral é muito dependente do tamanho amostral. Mesmo que não haja modificação no habitat, este índice mostra pouco sobre a organização da comunidade, pois aumenta em função da área avaliada (GOMES, 2004). Como os corpos de prova de rocha possuíam dimensões menores que os dos concretos, portanto as áreas avaliadas foram menores, o que certamente comprometeu o índice de riqueza mesmo se tratando de recobrimento proporcional.

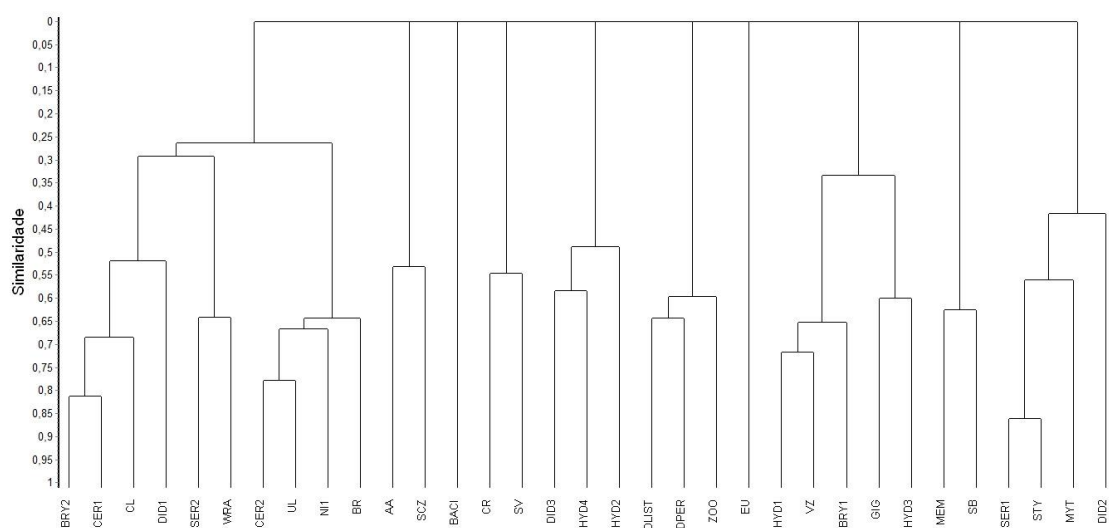


Figura 51 - Análise de agrupamento em modo R utilizando o índice de similaridade de Kulczynski, fusão Ligação completa.

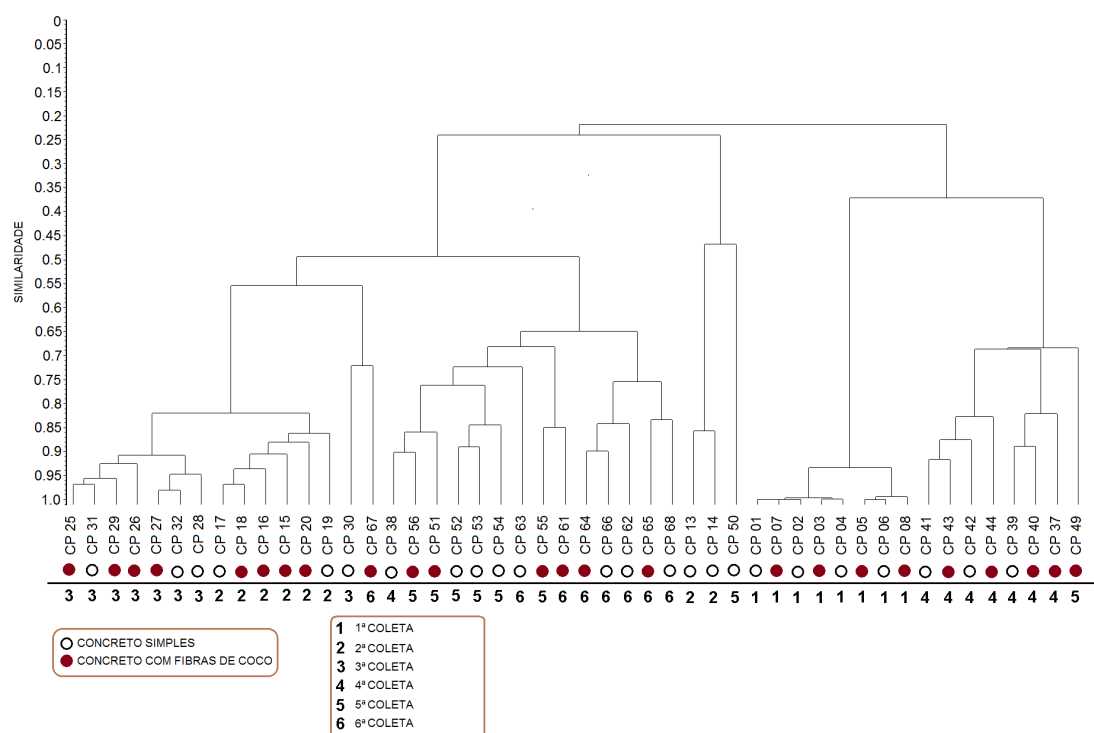


Figura 52 - Análise de agrupamento utilizando o índice de similaridade de Morisita-Horn, fusão UPGMA.

Utilizando a mesma técnica e o concreto como material de estudo Krohling (2006) observou o recrutamento em módulos de concreto – Reefballs observados após 30 dias de imersão. Para a quantificação utilizou o método de interceptação de pontos. Calculou índices ecológicos, sendo as similaridades temporais evidenciadas com análise de agrupamento, com índice de Morisita.

Este índice modificado foi utilizado na comparação entre as análises das incrustações e as de resistência dos materiais utilizados visando avaliar os dois aspectos buscando evidenciar tendências quanto à diversidade e sua influência na resistência, ficando claro que no período de estudo de três meses nenhuma evidencia foi encontrada de que os organismos que colonizaram estes substratos influenciaram no comportamento das resistências à compressão. A colonização ocorreu de forma indistinta entre os materiais (Figura 52), portanto muito similar, o que leva a crer que os valores de resistência são mais suscetíveis as mudanças de meio (Figura 44).

5.0 CONCLUSÃO

AS 32 unidades taxonômicas encontradas neste estudo nos três substratos avaliados após serem analisadas as imagens fotográficas, foram identificadas com a intenção de caracterizar a estrutura destas comunidades de organismos incrustantes. Como demonstrado, esta caracterização mostrou que entre rocha, concreto simples e concreto com fibra não existe diferença significativa quanto a colonização. Os índices ecológicos de diversidade, riqueza e dominância são muito similares nos diversos materiais com pequena variação nos períodos iniciais de estudo.

Quanto a influência da ocorrência de organismos incrustantes na resistência dos materiais utilizados, não foi possível se comprovar durante o período de estudo se esta ocorre. Na rocha, os valores obtidos no ensaio de resistência a compressão foram prejudicados devido principalmente a anisotropia resultante da disposição dos minerais e da existência de planos de descontinuidade ao longo das amostras. Já nos corpos de prova de concreto simples e concreto com fibras esta avaliação pode ser feita sem que ocorressem condicionantes de variabilidade das propriedades mecânicas como na rocha.

Em ambos os tipos de concreto conclui-se que as resistências não foram alteradas ou o comportamento das resistências não sofreu influência da incrustação dos organismos marinhos. Os valores de resistência nas condições imersa e seca variaram em função dos comportamentos destes materiais nas duas condições ambientais sofrendo a influência somente do meio em que estavam inseridos. Os valores variaram para o mesmo material nas duas condições somente nos períodos iniciais sendo que a partir da última coleta todos os valores de resistência se aproximaram, verificando-se praticamente a mesma média para os dois materiais em ambos os ambientes. A colonização por diferentes organismos não teve, portanto, influência nas resistências dentro do período estudado, sendo que o concreto independentemente se possui ou não adição de fibras possui a mesma resistência final, mesmo que tenha sido exposto a estes organismos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP Associação Brasileira de Cimento Portland. **Cuidados ao construir em áreas litorâneas**. Especificações normativas, 2010.

ABNT **NBR 5738**, Projeto Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova, **2002**.

ABNT **NBR 5739**, Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, **2007**.

ABNT **NBR 6118**, Projeto de estruturas de concreto – Procedimento, **2007**.

ABNT **NBR 9479**, Câmaras úmidas e tanques para cura de corpos-de-prova de argamassa e concreto, **2006**.

ABNT **NBR NM 33**, Concreto - Amostragem de concreto fresco, 1998.

ABNT **NBR NM 67**, Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, **1998**.

AL-JUBOORI, R. A. & YUSAF, T. 2012 **Biofouling in RO System: Mechanisms, monitoring and controlling. Desalination**. Toowoomba, Austrália, p. 1-23.

ALFREDINI, P. & ARASAKI E. 2014 **Engenharia Portuária**. São Paulo: Blusher.

ANDERSSON, M. H.; BERGGREN, M.; WILHELMSSON, D.; ÖHMAN, M. C. 2009 **Epibenthic colonization of concrete and steel pilings in a cold-temperate embayment: a Weld experiment**. Helgol. Mar. Res., v. 63, pp. 249–260.

ARCHAMBAULT, P. & BOURGET, E. 1996 **Scales of coastal heterogeneity and benthic intertidal species richness, diversity and abundance**. Mar. Ecol. Prog. Ser. 136: pp 111-121.

BAUER L. A. F. 2015 **Materiais de Construção 1**. 5ª Edição. Livros técnicos e científicos editora: p. 64.

BENEDETTI-CECCHI, L. & CINELLI, F. 1997 **Spatial distribution of algae and invertebrates in the rocky intertidal zone of the Strait of Magellan: are patterns general?** Polar Biology 18: pp 337-343.

BERLOW E. L. 1997 **From canalization to contingency: Historical effects in a successional rockyintertidal community**. Ecol. Monogr., 67(4): pp 435-460.

BETANCOURT, C.A.; SANSON, G.G.; MONTES, C.A. 1984 **Primeras etapas en la colonización de refugios artificiales. Composición y conducta de las comunidades de peces**. Rev. e Invest. Mar. v.5, n.3, p.77-89.

BOAVENTURA, D.; RÉ, P.; FONSECA, L. C.; HAWKINS, S.J. 2002 **Intertidal rocky shore communities of the continental Portuguese coast: analysis of distribution patterns**. Marine Ecology 23: pp 69-90.

BORGES, R. P. 2002 **Recrutamento em substrato artificial consolidado no estuário de Santos-SP: um estudo em médio prazo**. Tese de doutorado; Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo SP.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Comissão de Solos 1960 **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo**. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, 634 p. (Boletim 12).

CASTILHOS, L. F. F. de 2011 **Aproveitamento da fibra de coco. Dossiê Técnico**. Instituto de Tecnologia do Paraná - TECPAR.

CLARKE, G. L. & DENTON, E. J. 1962 **The Sea. Physical Oceanography**. Vol. 1, M. M. Hill, ed. New York: pp 456-468.

CLEMENTE, M. F. 2012 **Estruturas em cantaria de pedra de granito de alta resistência**. Covilhã: PP 15-22.

DALCIN G. B. 2007 **Ensaio dos Materiais**. Engenharia Industrial Mecânica – Santo Ângelo, pp 8-32.

DÜRR, S. & THOMASON, J. C. 2010 **Biofouling**. Nova Delhi: Blackwell Publishing, 424 p.

ECOPLAN – Instituto. Programa RAM / PR. 1999 **Recifes Artificiais Marinhos – Relatório técnico-científico**. Centro de Estudos Marinhos - CEM (UFPR). Curitiba.

FARUK, O.; BLEDZKI, A. K.; FINK, H. P.; SAIN, M. 2012 **Biocomposites reinforced with natural fibers**. Prog Polym Sci.

FERNANDES, R. G. 2007 **Métodos Construtivos de Obras Marítimas**. Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

FLEMMING et al. **Marine and Industrial Biofouling**. Los Angeles. USA: Springer, 2009.

GARRETT, T.R.; BHAKOO, M.; ZHANG, Z. 2008 **Bacterial adhesion and biofilms on surfaces**. Progress in Natural Science, v. 18, pp. 1049-1056.

GALVÃO J. C. A. 2003 **Estudo das propriedades do concreto**. Curitiba, p 32.

GIORDANO, F. 2001 **Colonização de placas de fouling no estuário de Santos-SP: análises transicional e de sensibilidade complementando a abordagem baseada em recobrimentos específicos e diversidade**. Tese de doutorado; Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo SP.

GODOY, E. A. DE S. & COUTINHO, R. 2002 **Can Artificial Beds of Plastic Mimics Compensate for Seasonal Absence of Natural Beds of Sargassum furcatum?** Journal of Marine Science 59, 111-115.

GOMES A. S. 2004 **Análise de Dados Ecológicos**. Niterói. Departamento de Biologia Marinha. Universidade Federal Fluminense.

GOUNOT M. 1969 **Méthodes d'étude quantitative de la végétation**. Masson et Cie, Paris, pp 314.

IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais e Renováveis. 2006 **Recifes artificiais - Recursos pesqueiros - Implantação – Procedimentos**. Instrução normativa nº 125.

IMAGENS AÉREAS 2015 - <https://www.imagensaereas.com.br/cidades/santos>. Acesso em 17 maio de 2015.

JARRET, J. N.; PECHENIK, J. A. Temporal variation in cyprid quality and juvenile growth capacity for an intertidal barnacle. Arizona: Ecology, v. 78, n. 4, p. 1262-1265, June 1997.

JUNIOR, E. C. & LACERDA, L. S. S. N. de 2009 **Concreto Pré-moldado**.

KERCKHOF, F.; NORRO, A.; JACQUES, T.; DEGRAER, S. 2009 **Early colonisation of a concrete offshore windmill foundation by marine biofouling on the Thornton Bank (southern North Sea)**. In: Degraer, S. & Brabant, R. (Eds.) Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: State of the art after two years of environmental monitoring. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. Chapter 4, pp. 39-51.

KROHLING, W.; BROTTTO, D.S.; ZALMON, I.R. 2006 **Fouling community recruitment on an artificial reef in the North Coast of Rio de Janeiro State**. Journal of Coastal Research, SI 39 (Proceedings of the 8th International Coastal Symposium), pp. 1118 – 1121.

LAPOINTE, L. & BOURGET, E. 1999 **Influence of substratum heterogeneity scales and complexity on a temperate epibenthic marine community**. Mar. Ecol. Prog. Ser. 189: pp 159-170.

LEWIS, J. R. 1964 **The ecology of rocky shores**. English University Press Ltd., London. ISBN 0 340 21360 4.

LOPES, J. T. de B. 2008 **Estrutura e Propriedades dos Materiais**.

MACEDO, I. M.; MASI B. P.; ZALMON I. R. 2006 **Comparison of rocky intertidal community sampling methods at the northern coast of Rio de Janeiro state, Brazil**. Brazilian Journal of Oceanography, 54(2/3):147-154.

MOTTET, M. G. 1986. **Enhancement of the marine environment for fisheries and aquaculture in Japan**. In: F. M. D'Itri (Ed.). Artificial Reefs. USA: Lewis Publ. Inc.

HAKENBERG, R.; VOS-ROVERS, I.; REEDIJK, J. 2004 **Structural integrity of Xbloc® breakwater armour units - prototype and numerical drop tests**. ASCE, Proc. Int. Conf. Coastal Eng, Sydney.

HARRIS, L. E. 2003 **Artificial Reef Structures for Shoreline Stabilization and Habitat Enhancement**.

HASSOUNI 2014 - <http://www.hassouni.ma/les-tetrapodes>. Acesso em 12 dezembro de 2014.

HAWKINS, S.J. & JONES, H.D. 1992 **Marine field course guide 1: rocky shores**. Ed. Marine conservation Society. London, 140 p.

PAINE, R. T. & LEVIN, S.A. 1981 **Intertidal landscapes: disturbance and the dynamics of pattern**. Ecol. Monogr. Vol. 51(2): pp 145-178.

PANIAGO, D. G. 1996 **Análise estrutural de reservatórios enterrados de argamassa armada com telas de aço soldadas**. Universidade de São Paulo.

PASMORE, M. et al. 2002 **Effect of polymer surface properties on the reversibility of attachment of Pseudomonas aeruginosa in the early stages of biofilm development**. Biofouling, v. 18, n. 1, p. 65-71.

PEREIRA E. & MEDEIROS M. H. F. 2012 **Ensaio de "pull off" para avaliar a resistência à compressão do concreto: uma alternativa aos ensaios normalizados no Brasil**. IBRACON, Volume 5.

PEREIRA, G. S. 2008 **Projecto de um quebramar destacado de protecção para a frente marítima de espinho**. 222f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Especialização em Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.

POLLARD, D. 1989 **Artificial habitats for fisheries enhancement in the Australian region**. Marine Fisheries Review, v.51, n.4. p.11-26.

PORTELLA K. F.; NOGUEIRA J. R. G; KORMANN A. C. M; BARON O.; CANTÃO M. P.; HENKE S. L.; JOUKOSKI A.; KENNY E. D.; SILVA A. S.; CERON C. 2001 **Estudo de dosagem e desempenho de concreto para a construção de recifes artificiais marinhos. Um ano de envelhecimento natural a 17 m. de profundidade na Costa do Estado do Paraná**. In: 43º Congresso Brasileiro De Concreto. Foz do Iguaçu.

POWER M. E.; TILMAN D.; ESTES J. A.; MENGE B. A.; BOND W. J.; MILLS L. S.; DAILY G.; CASTILLA J. C.; LUBCHENCO J. & PAINE R. T.; 1996. **Challenges in the quest for keystones**. BioScience, 46: pp 609-620.

QIU, J; THIYAGARAJAN, V.; LEUNG, A. W. Y.; QIAN, P. 2003 **Development of a Marine Subtidal Epibiotic Community in Hong Kong: Implications for Deployment of Artificial Reefs**. Biofouling, v.19, n.1, pp.37 - 46.

ROSSI, M. & PFEIFER. R. M. 1999 **Remoção de material erodido dos solos de pequenas bacias hidrográficas no parque estadual da serra do mar em cubatão (sp)**. Bragantia vol.58 n.1 Campinas.

SABINO, C. M. & VILLAÇA, R. 1999 **Estudo comparativo de métodos de amostragem de comunidades de costão**. Rev. bras. Biol., 59(3): 407-419.

SALDANHA, L. 1974 **Estudo do Povoamento dos Horizontes Superiores da Rocha Litoral da Costa da Arrábida (Portugal)**. Arq. Museu Bocage 2º Série.

SANTI, A. M. M. 1997 **O emprego de resíduos como combustíveis complementares na produção de cimento na perspectiva da energia, da sociedade e do meio ambiente**.

SEAP - SECRETARIA ESPECIAL DE AQUICULTURA E PESCA 2003 **Texto básico de nivelamento técnico sobre recifes artificiais marinhos**. Brasília.

SEOANE-CAMBA, J. A. 1969 **Sobre la zonación del sistema litoral y su nomenclatura**. Investigacion Pesqueira 33: pp 261-267.

SHANNON, C. E. & WIENER, W. 1949 **The mathematical theory of communication**. Urbana: University of Illinois Press.

SILVA, A. S. 2001 **Estrutura e dinâmica de comunidades epilíticas de habitats artificiais e suas relações com os fatores ambientais na plataforma rasa do estado do Paraná**. Tese (Doutorado em Zoologia) – Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SILVA E.; MARQUES M.; JUNIOR C. F. 2012 **Aplicação de fibra de coco em matrizes cimentícias**. Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia.

SILVA, I. I. S. A.; LAGO, L. B.; SOARES, J. P.; SOUZA, P. S. L. 2008 **Avaliação do uso de fibra de coco em compósitos cimentícios**. Congresso brasileiro do concreto, 50, 2008, Salvador: IBRACON, 17p.

SOUSA W. P. 1984. **Intertidal mosaics: patch size, propagule availability and spatially variable patterns of succession**. Ecology, 65(6): pp 1918-1935.

SVANE, I. & PETERSEN, J. K. 2001 **On The Problems of Epibioses, Fouling and Artificial Reefs, a Review**. Marine Ecology 22, 169-188.

THOMPSON, R. C.; CROWE, T. P.; HAWKINS, S. J. 2002 **Rocky intertidal communities: past environmental changes, present status and predictions for the next 25 years**. Environmental Conservation 29: pp 168-191.

THOMPSON, R. C.; MOSCHELLA, P. S.; JENKINS, S. R.; NORTON, T. A.; HAWKINS S. J. 2005 **Differences in photosynthetic marine biofilms between sheltered and moderately exposed rocky shores**. Marine Ecology Progress Series 296: pp 53-63.

THOMPSON, R. C.; NORTON, T. A.; HAWKINS, S. J. 2004 **Physical stress and Biological control regulate the producer-consumer balance in intertidal biofilms**. Ecology 85: pp 1372-1382.

TURISMO S. 2015 - <https://santosturismo.wordpress.com/mapa>. Acesso em 17 maio de 2015.

UNDERWOOD, A. J. 1981 **Structure of a rocky intertidal community in New South Wales: patterns of vertical distribution and seasonal changes**. Journal of Exp. Marine Biology and Ecology 51: pp 57-85.

VALE, A. C. do; SOARES, J. B.; CASAGRANDE, M. D. T. 2007 **Aplicabilidade de fibras de coco em misturas asfálticas tipo SMA**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS, 4. Campinas.

VAZ-PINTO, F.; TORRONTEGI, O.; PRESTES, A. C. L.; ÁLVARO, N. V.; NETO, A. I.; MARTINS, G. M. 2013 **Invasion success and development of benthic assemblages: Effect of timing, duration of submersion and substrate type**. Marine Environmental Research.

WATCH 2014 - <https://www.youtube.com/watch?v=md69w3WW2eg>. Acesso em 12 dezembro de 2014.

WAHL, M. 1989 **Fouling and antifouling: some basic aspects**. Marine Ecology Progress Series 58: pp 1-2.

ZOBELL, C. E. & ALLEN, E. C. 1935 **The Significance of Marine Bacteria in the Fouling of Submerged Surfaces**. Journal of Bacteriology, 29: pp 239-51.

ANEXO I



MARINHA DO BRASIL
CAPITANIA DOS PORTOS DE SÃO PAULO
 Cais da Marinha - Porto de Santos – Bairro Macuco
 CEP 11015-911 - Santos - SP
 (13) 3221-3455 – secom@cpsp.mar.mil.br

Ofício nº 684/CPSP-MB

Santos, 23 de abril de 2015.

A Sua Senhoria o Senhor
 Prof. Dr. Fabio Giordano
 Coordenador do PPG-ECOMAR
 Rua Oswaldo Cruz, 266
 11045-907 - Santos - SP

Assunto: Utilização de uma área interna da Capitania dos Portos de São Paulo.

Senhor Diretor,

1. Participo a Vossa Senhoria, em atenção ao ofício s/n, de 25/FEV/2015, está autorizado o uso interno de uma área desta Capitania para pesquisa de mestrado específica sobre a resistência de materiais ao “fouling” marinho.

Atenciosamente,


 RICARDO FERNANDES GOMES
 Capitão-de-Mar-e-Guerra
 Capitão dos Portos

63054.002646/2015-19

Figura 1 – Autorização para uso da área da Capitania dos Portos de São Paulo.

ANEXO II

O anexo II refere-se ao detalhamento dos equipamentos confeccionados pelo autor para elaboração dos trabalhos realizados em campo ou nos laboratórios

CONFEÇÃO DAS FÔRMAS

Para a confecção das formas foram utilizados tubos de PVC de 4" e 1/2" e chapa de madeirite compensado 10mm. A semi-abertura na lateral do tubo que forma o corpo do molde (Figura 1) foi projetada para facilitar a retirada do corpo de prova sem danificá-lo. A sequência de confecção das formas com os cortes das chapas e dos tubos e a colagem com silicone e cola quente é demonstrada nas figuras 2.



Figura 1 – Semiabertura no molde.



Figura 2 – Sequência da confecção das fôrmas.

O fechamento do molde foi realizado de maneira provisória e de fácil remoção, já que as formas foram concebidas para serem reutilizadas. Fita adesiva tipo crepe deu suporte a estrutura do molde até a secagem final da cola e do silicone (Figura 3). Foram confeccionados 72 moldes (Figura 4).



Figura 3 – Moldes dos CPs com fechamento provisório.



Figura 4 – Fôrmas produzidas.

CORTE DOS TARUGOS DE ROCHA

Foram utilizados para a modelagem da rocha, uma serra mármore com disco diamantado para cortes secos e refrigerados (Figura 5) e um gabarito confeccionado para padronização das alturas dos CPs. As figuras 6, 7 e 8 ilustram o projeto desenvolvido para a construção do dispositivo, constituído por madeiras e pregos como elementos de fixação (Figura 9).



Figura 5 – Operação de corte do tarugo de rocha.

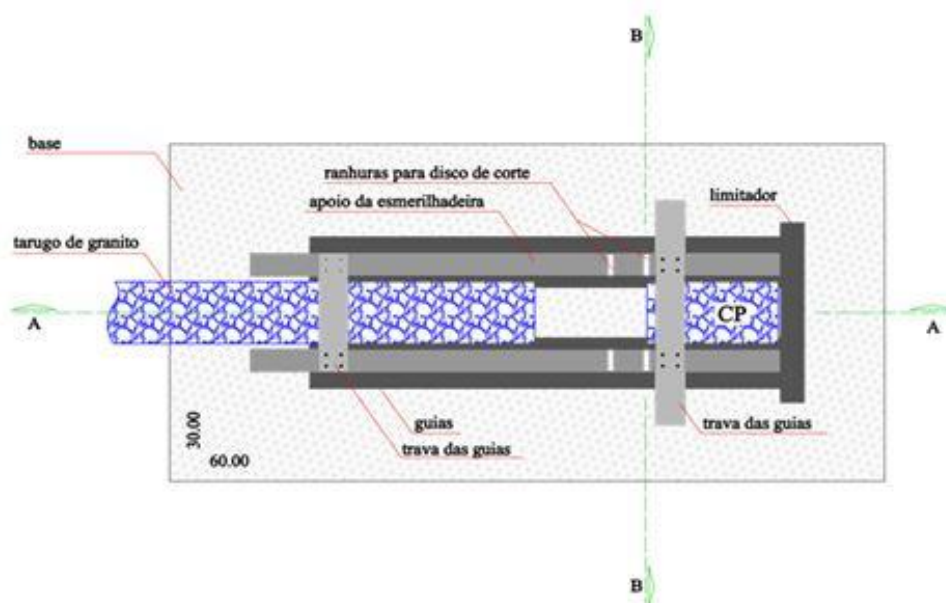


Figura 6 – Planta do dispositivo de corte de tarugo de rocha.

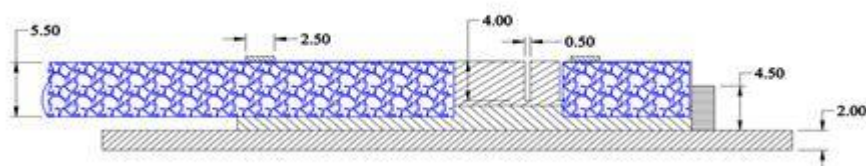


Figura 7 – Corte AA do dispositivo de corte de tarugo de rocha.

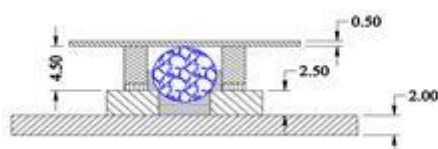


Figura 8 – Corte BB do dispositivo de corte de tarugo de rocha.



Figura 9 – Dispositivo de corte de tarugo de rocha.

SISTEMA DE FLUTUAÇÃO

O sistema de flutuação é constituído basicamente por galões plásticos de produtos de limpeza que fazem a função de bóias e por cordas de polietileno e abraçadeiras de plástico para as amarrações.

ANCORAGEM

As poitas, blocos maciços de concreto com a função de fixar o sistema de flutuação foram confeccionados com barras de aço de 12 mm dobradas em prensa hidráulica (Figura 10) onde foram amarradas as cordas e moldadas em latas de tinta de 18 litros até a metade de sua capacidade, conforme figuras 11 e 12. O adensamento e a cura não seguiram os padrões de norma e foram executadas apenas de forma a garantir a eficiência das peças.



Figura 10 – Dobramento das barras e detalhe da peça - Detalhe.



Figura 11 – Moldagem das poitas.



Figura 12 – Peças prontas.

As etapas de pré-montagem, transporte, montagem, lançamento e fixação definitiva do equipamento estão descritas a seguir:

PRÉ MONTAGEM

Algumas partes do equipamento de flutuação foram confeccionadas previamente no laboratório de materiais de construção da Universidade Santa Cecília, com intuito de se garantir a eficiência do sistema.

A separação dos equipamentos a serem utilizados na instalação (Figura 13) e os cortes nas cordas com as distâncias pré-estabelecidas (Figura 14), o acabamento nas pontas evitado que se desfiassem (Figura 15), marcações com cores distintas dos locais de fixação das bóias e das amarrações dos CPs de rocha nos de concreto (Figuras 16) e da identificação do tipo de CP (Figuras 17 e 18), foram algumas das providencias executadas para obter praticidade na montagem final no local da pesquisa.



Figura 13 – Equipamentos utilizados.



Figura 14 – Corte das cordas.



Figura 15 – Acabamento das cordas.



Figura 16 – Marcação com cores.



Figura 17 – CPs separados por tipos.



Figura 18 – Galões adaptados.

TRANSPORTE

Todo o material de estudo e dos equipamentos necessários para a instalação do sistema foram transportados, devidamente acondicionados, por caminhão leve cedido pela Universidade Santa Cecília (Figura 19).



Figura 19 – Descarregamento no local de estudo.

MONTAGEM

Após o descarregamento procedeu-se a montagem do sistema de flutuação em três etapas (Figura 20) devido ao seu peso e as condições do local. A fixação dos CPs a este sistema (Figura 21) através de nós e abraçadeiras de plástico foi executada por tipo, em uma ordem previamente planejada que submeteria todos os exemplares as mesmas condições ambientais. A figura 22 ilustra o corpo de prova já fixado ao sistema de flutuação.



Figura 20 – Fixação dos CPs ao sistema de flutuação.



Figura 21 – fixação dos CPs ao sistema de flutuação – Detalhe.



Figura 22 – CP fixado ao sistema de flutuação.

LANÇAMENTO E FIXAÇÃO

Foram utilizados nesta fase dos trabalhos caminhão Iveco modelo Vertis equipado com Munk e Pick up Mitsubishi LX200 equipada com carreta (Figuras 23 e 24) para transporte e içamento do barco leve flexboat SR500-LX que auxiliou no lançamento e posicionamento das poitas (Figura 25) e na fixação do sistema de flutuação (Figura 26).



Figura 23 – Equipamentos cedidos pela Marinha do Brasil.



Figura 24 – Operação de lançamento do barco.



Figura 25 – Operação de embarque da poita.



Figura 26 – Fixação do sistema.

EQUIPAMENTOS PARA A AMOSTRAGEM BIOLÓGICA

O dispositivo que auxiliou na avaliação fotográfica foi confeccionado com chapas de madeirite compensado 10mm, banco metálico, serra tico-tico, furadeira, pregos, cola e parafuso que serviu de elemento de fixação da máquina fotográfica (Figura 27). O banco metálico que serviu de base para a mesa fotográfica como também de suporte para os corpos de prova (Figura 28). O diâmetro do furo central dos corpos de prova foi dimensionado para se encaixar perfeitamente nestes tubos permitindo que fossem girados para obtenção de fotografias de toda a área amostral.

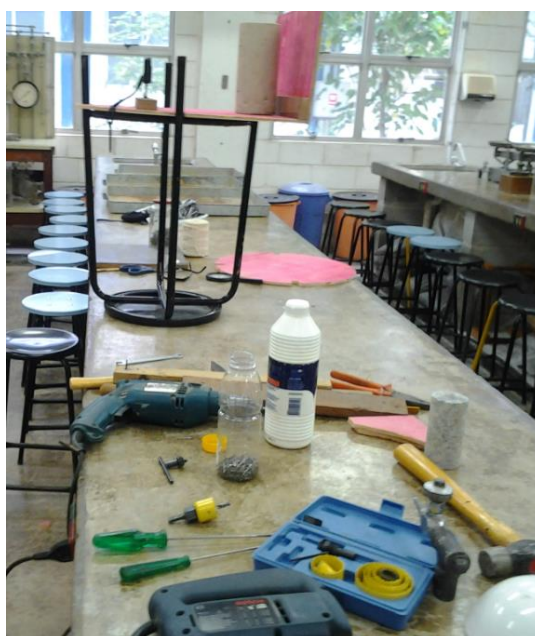


Figura 27 – Confeção da base para máquina fotográfica.



Figura 28 – Detalhe da posição da máquina fotográfica e do CP.

Foram acrescentados ao dispositivo como ferramentas para facilitar a identificação dos corpos de provas contadores numéricos que registravam o número do CP e a face fotografada bem como uma escala que serviu de referencia para a análise das fotografias (Figura 29).



Figura 29 – Dispositivo com acessórios.

Outro pequeno equipamento foi desenvolvido para auxiliar no procedimento de raspagem. Composto de uma chapa de madeirite com sarrafos fixados a ela e uma barra de aço de $\frac{1}{2}$ " (Figura 30 e 31). Este dispositivo serviu de base para o apoio dos corpos de prova no momento da raspagem (Figura 32 3 33), sendo possível gira-lo se o contato com as faces onde ocorreu a colonização por organismos marinhos.



Figura 30 – Base de apoio – vista lateral.



Figura 31 – Base de apoio – vista lateral.



Figura 32 – Procedimentos de raspagem.



Figura 33 – Procedimentos de raspagem.

EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

Vários EPI's como máscaras, luvas, óculos de proteção, protetores auditivos, botas, capacetes e coletes salva-vidas foram utilizados, como no caso das visitas a pedreira, na instalação e coleta das amostras no local de estudo e na operação de máquinas e equipamentos necessários para a realização deste estudo. Tais equipamentos são de uso obrigatório regidos por Norma Regulamentadora NR 6 - Equipamento de Proteção Individual – EPI.

Considera-se Equipamento de Proteção Individual - EPI, todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho (NORMA REGULAMENTADORA NR-6).