



Mauro Cesar Delarue dos Santos

**Análise do sistema construtivo concreto - PVC em
relação à logística de transporte para construção
da Estação Científica da Ilha da Trindade (ECIT)**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental (opção Profissional).

Orientador: Prof. Celso Romanel
Orientador: Prof. Emil de Souza Sánchez Filho

Rio de Janeiro

Maio de 2015



Mauro Cesar Delarue dos Santos

**Análise do sistema construtivo concreto – PVC em
relação à logística de transporte para construção
da Estação Científica da Ilha da Trindade (ECIT)**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental (opção ambiental) pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Celso Romanel

Presidente / Orientador

Departamento de Engenharia Civil – PUC-Rio

Prof. Emil de Souza Sánchez Filho

Co-orientador

UFF

Profa. Simone Feigelson Deutsch

UNIRIO

Prof. Orlando Celso Longo

UFF

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador Setorial de Pós-Graduação

Do Centro Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 19 de maio de 2015

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem a autorização da universidade, do autor e do orientador.

Mauro Cesar Delarue dos Santos

Graduou-se em Engenharia Civil na Universidade do Estado do Rio de Janeiro em 1982. Pós graduou-se com especialização em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Federal do Rio de Janeiro em 2008. É engenheiro civil, servidor público federal lotado na carreira de Tecnologia Militar, na Marinha do Brasil, exercendo as funções de fiscal de obras, avaliador de imóveis e coordenador de projetos.

Ficha Catalográfica

Santos, Mauro Cesar Delarue dos

Análise do sistema construtivo concreto - PVC em relação à logística de transporte para construção da Estação Científica da Ilha da Trindade (ECIT) / Mauro Cesar Delarue dos Santos; orientador: Celso Romanel; co-orientador: Emil de Souza Sánchez Filho. – 2015.

109 f. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, 2015.

Inclui bibliografia

1. Engenharia civil – Teses. 2. Logística de transporte. 3. Ilha da Trindade. 4. Métodos construtivos. 5. PVC-concreto. 6. Transportabilidade. 7. Sustentabilidade. I. Romanel, Celso. II. Sánchez Filho, Emil de Souza. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental. IV. Título.

CDD: 624

“Maior que a tristeza de não haver vencido é a vergonha de não ter lutado!”

(Rui Barbosa)

Ao meu pai Amaury e à minha querida mãe Marlene Delarue, obrigado pelo dedicação, amor e carinho empreendidos incondicionalmente ao longo desses meus 55 anos de vida. Vocês foram, são e serão eternamente, meu orgulho e minha fonte de inspiração.

Agradecimentos

À minha esposa e filhos pela paciência, tolerância e apoio prestados durante essa nova jornada da minha vida.

À Marinha do Brasil pelo investimento na minha capacitação profissional.

Ao meu orientador Celso Romanel, meu co-orientador Emil Sánchez, e todo o corpo docente do programa de PósGraduação em Engenharia Urbana e Ambiental da PUC-Rio e Technische Universität Braunschweig pelos ensinamentos, atenção e orientação transmitidos.

Aos meus colegas e amigos da pós-graduação PUC-Rio turma 2013, pelo companherismo e amizade empreendidos durante e após o nosso curso.

E à todos aqueles que porventura não foram citados mas que de alguma forma colaboraram para este estudo, meus agradecimentos finais.

Resumo

dos Santos, Mauro Cesar Delarue; Romanel, Celso (Orientador); Sánchez Filho, Emil de Souza (Co-orientador). **Análise do sistema construtivo concreto – PVC em relação à logística de transporte para construção da Estação Científica da Ilha da Trindade (ECIT)**. Rio de Janeiro, 2015. 109p. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Construir em ilhas oceânicas ou locais de difícil acesso exige o prévio conhecimento das restrições impostas pelas dificuldades de transporte. Nesta dissertação o objetivo é reconhecer qual é o sistema construtivo mais adequado à logística de transporte de materiais para produção de edificações na Ilha da Trindade. Com esse propósito é apresentada uma proposta de investigação e análise da transportabilidade dos materiais peculiares aos sistemas construtivos já empregados em construções na Ilha da Trindade. O enfoque é a análise do sistema construtivo concreto – PVC empregado na produção da Estação Científica da Ilha da Trindade (ECIT), construída no ano de 2011 na Ilha da Trindade, Vitória – ES, destacando suas características ecológicas e de sustentabilidade aliadas à aplicação do PVC, nunca antes utilizado em construções de edificações em ilhas oceânicas brasileiras. A metodologia proposta consiste em atribuir conceito e valores aos resultados das análises qualitativas e quantitativas das características (peso e volume), propriedades executivas (pré-fabricação, montagem e desmontagem), necessidades de embalagens (resistência e mobilidade) e aspectos de sustentabilidade aplicados na transportação (prazos e consumos) dos materiais peculiares aos sistemas construtivos investigados. Os resultados das análises e avaliação final mostram que o sistema construtivo constituído de painéis de PVC é o mais adequado à logística de transporte de materiais para produção de edificações na Ilha da Trindade. Dentre outros fatos tem-se a proposta de metodologia apresentada, que pode servir de consulta a profissionais e/ou empresas do ramo, de forma a contribuir para futuras investigações e pesquisas relacionadas ao tema abordado, ou a permitir dar origem a novos questionamentos.

Palavras-chave

Logística de transporte; ilha da Trindade; métodos construtivos; concreto - PVC; transportabilidade; sustentabilidade.

Extended Abstract

dos Santos, Mauro Cesar Delarue; Romanel, Celso (Advisor); Sánchez Filho, Emil de Souza (Co-advisor). **Analysis of concrete -PVC construction system concerning the logistics transportation to the building of the Scientific Station of Trindade Island (ECIT)**. Rio de Janeiro, 2015. 109p. M. Sc. Dissertation. Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Trindade Island is the largest oceanic island of the Trindade and Martin Vaz Archipelago and it has an area of 8,2km², being around 1200km far from the coast of the City of Vitoria – ES, Brazil.

To ensure the possession of this fraction of the national territory assigned to the Brazilian Navy the mission to occupy, maintain and garnish the Trindade Island, the Oceanographic Station of the Trindade Island (POIT) was established in 1950, for this purpose.

The occupation of the Trindade Island and other Brazilian oceanic islands began to have significant strategic importance after the mapping of the areas of the Brazilian continental shelf (LEPLAC), when the surrounding areas of the islands came to be part of the Exclusive Economic Zone (EEZ), which gives us the exclusive grant to the exploitation of resources, both living and non-living, of the sea, soil and subsoil. In correlation to the big dimensions, natural resources and biodiversity to the Brazilian Amazon, the area of 4.5 million km², situated along the Brazilian coast and constituted by the maritime zones under national sovereignty or jurisdiction, is called the "Blue Amazon".

To secure the natural resources preservation of the environment and encourage research activities in the Trindade Island, the Brazilian Navy through the Scientific Research Program at Trindade Island (PROTRINDADE) of the Interministerial Secretariat for Sea Resources (SECIRM), promoted the construction of the first Scientific Station of Trindade Island (ECIT).

Because it is considered a strategic location of restricted access and environmental interest, the construction of Scientific Station of Trindade Island (ECIT) involved issues of great complexity, especially the ones related to transportation logistics of building materials to the Island.

The Trindade Island has a rugged topography, it is surrounded by coral reefs and ravaged by strong breaking waves. It does not have any type of piers for ships, except one concrete ramp used to receive small boats. The only means of transportation for transshipment of materials and personnel to Oceanographic Station of the Trindade Island (POIT) available, are two ferries (floating), helicopters and flex boats, whenever made available by the supplier ship of the Brazilian Navy.

Logistical difficulties for the construction of buildings in areas of restricted access require the evaluation of materials and construction methodologies suitable to local conditions. Interfering in the environment and local ecosystem is a major challenge. Balancing is the focus and sustainability, a mandatory premise. Logistics as an orientation element of the problem subsidizes the needs program with focus on the concepts related to the development of the project, acquisition, storage, packaging, transportation, construction, operation and maintenance of the construction.

The Oceanographic Station of the Trindade Island (POIT) has nine edifications: captain house, troop dormitory, restaurant, workshops building, meteorological station (EMIT), scientific station (ECIT), communications station and health post. Except for the buildings of ECIT and EMIT, which were produced using the concrete-PVC construction system, in 2011 and 2014, all other buildings were built using systems made with solid wood panel or masonry with ceramic bricks and/or concrete blocks. For a long time, it was supposed that the building systems employing wood were the most suitable for construction on the Trindade Island.

In the search for a suitable constructive alternative that better assisted the concepts of sustainability and the restrictions imposed by the complex logistics of transportation to the construction on the Island of Trindade, in 2009, the engineers of the Brazilian Navy, with the support of researchers from the Federal University of Espírito Santo (UFES), investigated the use of new construction methodologies. It was then that the construction system using forms of PVC filled with concrete, called concrete-PVC, was discovered as an option for construction on the Trindade Island.

The system called concrete-PVC is a construction method constituted by structural walls made with modular PVC panels filled with concrete.

The PVC panels resist to ultraviolet rays, fire, bad weather and salty air. They are inert, waterproof, durable and recyclable; they do not need to be painted and require very low maintenance. The employment of the system concrete-PVC enables a quick, clean and economic construction. Its assembly generates small amounts of waste, and saves water, energy and fuel.

To verify what construction system is more suitable to the complex transportation logistics of Trindade Island, the transportability of materials and construction systems already used in the production of buildings in the Oceanographic Station of the Trindade Island (POIT) was analysed by means of transportation made available by the Brazilian Navy, considering as a case study the construction of the Station Scientific of Trindade Island (ECIT), built in the period between the years 2009 and 2011.

For this purpose, the technical aspects analyzed were the characteristics (weights and measures), executive properties (prefabrication possibilities, assembly and disassembly), the need of packages (resistance and mobility), and sustainability (impact, time spent and consumption in transport) of the main materials of construction systems using ceramic brick masonry, concrete blocks, wood paneling and forms of PVC filled with concrete (concrete-PVC).

The Table below presents one synthesis of the results of transportability analysis of materials and construction systems in relation to the technical aspects discussed in this subject:

Table: Synthesis of the results of transportability analysis of materials and construction systems already used in buildings on Trindade Island.

CONSTRUCTION METHODS	SYNTHESIS OF THE TRANSPORTABILITY ANALYSIS OF MATERIALS AND CONSTRUCTION SYSTEMS	
ceramic bricks walls	characteristics	require large amounts, weights and volumes of materials to be transported.
	properties	prefabrication, assembly and disassembly are not allowed.
	packages	ceramic bricks are fragile and require packaging for their movement and transportation in large amounts.
	sustainability	require long time for transport.
concrete bricks walls	characteristics	require large amounts, weights and volumes of materials to be transported.
	properties	prefabrication, assembly and disassembly are not allowed.
	packages	concrete bricks are resistant but require packaging for their movement and transportation in large amounts.
	sustainability	require long time for transport.
wood panels	characteristics	require small amounts, reasonable weight and volumes of materials to be transported.
	properties	permit the prefabrication, assembly and disassembly.
	packages	they are resistant and do not require transport packaging.
	sustainability	require short time to transport
concrete- PVC	characteristics	require reasonable amounts, low weight and reasonable volume of materials to be transported
	properties	prefabrication, assembly and disassembly are allowed.
	packages	they are resistant and do not require transportation packaging.
	sustainability	require short time for transportation.

For a final evaluation of the construction system most adequate to logistics transportation of Trindade Island the criterion adopted was the punctuation score considering applying weights and grades. The weights were arbitrated according to the relevance of the technical aspects analyzed, and grades in accordance with transportation capacity of materials and its construction systems by means of transportation investigated. Table below shows a summary of the evaluation of the analysis results of transportability and suitability of materials in relation to the transportation logistics of the Trindade Island.

Table: Synthesis of the evaluation of the analysis results of transportability and suitability of materials in relation to the transportation logistics of the Trindade Island.

EVALUATION OF THE TRANSPORTABILITY

CONSTRUCTION METHODS	CERAMIC BRICKS WALLS			CONCRETE BRICKS WALLS			WOOD PANELS			CONCRETE - PVC		
TECHNICAL ASPECTS	WEIGHT	GRADE	SCORE	WEIGHT	GRADE	SCORE	WEIGHT	GRADE	SCORE	WEIGHT	GRADE	SCORE
CHARACTERISTICS: weights and measures	2	2	4	2	1	2	2	3	6	2	4	8
PROPERTIES: prefabrication, assembly and disassembly	1	1	1	1	1	1	1	4	4	1	5	5
PACKAGES: resistance and mobility	1	2	2	1	2	2	1	4	4	1	4	4
SUSTAINABILITY: time spent and consumptions	2	1	2	2	1	2	2	4	8	2	4	8
FINAL EVALUATION	9			7			22			25		
ADEQUACY	INADEQUATE			INADEQUATE			ADEQUATE			ADEQUATE		

Punctuation criteria, weight and grade factors.

1. weight factor: irrelevant = 1; and relevant = 2;
2. grade factor: bad = 1-2; reasonable = 3; good = 4; and excellent = 5;
3. partial evaluation of the transportability:
 - characteristics and sustainability: bad = 0-2; reasonable = 3-5; good 6-8; and excellent = 9-10.
 - properties and packages: bad = 1-2; reasonable = 3; good =4; and excellent = 5.
4. evaluation of adequacy: inadequate 0-9; partly adequate = 10-19; and adequate = 20-30.

The results of the analysis and evaluations of the material transportability and systems enabled that the following conclusions could be obtained:

- The forms of PVC are lighter and have more appropriate dimensions to the transportation than solid wood panels.
- In relation to the possibility of prefabrication, assembly and disassembly, wooden panels have dimensions and density (weight) higher than those of PVC, and therefore are more difficult to be assembled, disassembled and moved than the forms of PVC.
- As to the aspects related to resistance and time of transportation, both panels of wood and forms of PVC are resistant; they do not require special packaging and they are quick and easy to transport.
- Considering the length of stay and the use of means of transport, both panels of wood and forms of PVC are fast to being transported. Among the means of transportation evaluated, the helicopter shows to be the most effective for transshipment materials to Trindade Island.

- Construction systems that use small amounts, weights and volumes of materials, which enable the use of prefabricated materials allowing its assembly and disassembly, do not require special packaging for transportation. It can be done in a short time, and they are more appropriate to logistics transport of the Trindade Island.
- Evaluating transportability of materials, weights and measures (mass and volume) are the main technical aspects to be investigated.
- The large quantities, weights, volumes and variety of materials, together with the impossibility of prefabrication, assembly and disassembly, the need for special packaging for transportation, and large periods for transportation, show that construction systems that employ masonry walls made of ceramic bricks and concrete blocks are totally unsuitable for the transportation and use in the Trindade Island.
- Both concrete building systems - PVC and wood paneling have similar characteristics, properties and resistance, and are suitable to transportation and use in the Trindade Island. The one using forms of PVC presents conditions of transportability 14% higher than the one using wood paneling, 177% higher than the one that employs ceramic bricks and 257% higher than the one using concrete blocks.

The present dissertation analysed only some technical aspects related to the transportability of materials. The search for new materials and construction systems which are suitable for transportation logistics for construction in areas with restricted access is a complex and relevant theme that should be often updated and investigated with frequency.

As a final product, although not the only one, this methodology proposal was outlined, and can serve as a consultation or reference to professionals and/or branch companies in order to contribute to future investigations and research related to the discussed topic, or to allow new questionings.

Keywords

Transportation logistics; Trindade Island; construction methods; concrete - PVC; transportability; sustainability.

Sumário

1 Introdução	23
1.1 Contexto	23
1.2 Importância estratégica da Ilha da Trindade	25
1.3 Benfeitorias do POIT	28
2 Referencial teórico	29
2.1 Justificativa	29
2.2 Problema	31
2.3 Questão	32
2.4 Objetivos	32
2.4.1 Geral	32
2.4.2 Específicos	33
2.5 Metodologia de Pesquisa	33
2.5.1 Fontes	34
2.5.2 Desenvolvimento	35
2.5.3 Conclusão	35
2.5.4 Notas finais	35
2.6 Delimitações do Tema	36
3 Considerações iniciais	38
3.1 Estação Científica da Ilha da Trindade (ECIT): planejamento estratégico de construção	38
3.2 Logística de transporte: conceituação	44
3.3 PVC: características e propriedades	45
3.4 Sistema construtivo concreto – PVC	49
3.5 Sustentabilidade na construção civil	53
4 Análise da Logística de Transporte	61
4.1 Meios de transporte	61
4.2 Transportabilidades dos materiais	66
4.3 Aspectos técnicos dos materiais e sistemas construtivos	67
4.3.1 Características: pesos e medidas	67
4.3.2 Propriedades: pré-fabricação, montagem e desmontagem	73
4.3.3 Embalagens: resistência e mobilidade	76
4.3.4 Carga de sustentabilidade: prazos e consumos	79
5 Metodologia de análise proposta	83
5.1 Avaliação da transportabilidade	83
5.2 Análise estatística dos resultados	86
5.2.1. Média, desvio padrão e coeficiente de variação	86
5.2.2. Coeficiente de determinação R^2	94

6 Conclusões e sugestões para trabalhos futuros	99
7 Referências bibliográficas	102
8 Anexos	107

Lista de Figuras

Figura 1: Imagem da Ilha da Trindade.	23
Figura 2: Localização aproximada da Ilha da Trindade.	24
Figura 3: Imagem da Estação Científica da Ilha da Trindade (ECIT).	25
Figura 4: Mapa conceitual da “Amazônia Azul”.	27
Figura 5: Imagem da enseada dos portugueses onde está situado o Posto Oceanográfico da Ilha da Trindade (POIT).	28
Figura 6: Imagem do POIT, 1999.	30
Figura 7: Imagem do desembarque na enseada dos portugueses.	32
Figura 8: Síntese dos procedimentos metodológicos de pesquisa.	34
Figura 9: Mapa conceitual dos aspectos abordados no tema.	37
Figura 10: Projeto conceitual da ECIT.	38
Figura 11: Síntese do planejamento estratégico de construção da ECIT.	39
Figura 12: Imagem da pré-montagem da ECIT.	40
Figura 13: Imagem do navio de abastecimento do POIT.	41
Figura 14: Cronograma de Construção da ECIT.	42
Figura 15: Imagem das obras fundações e montagem da ECIT.	43
Figura 16: Esquema de Fabricação do PVC.	46
Figura 17: Esquema da síntese da avaliação do ciclo de vida do PVC.	47
Figura 18: Esquema da síntese de produção do polietileno verde.	48
Figura 19: Razão da participação do PVC na construção civil.	49
Figura 20: Apresentação do sistema construtivo concreto – PVC.	51
Figura 21: Imagens apresentando as propriedades aplicadas ao uso do sistema concreto – PVC.	52
Figura 22: Imagem da montagem dos painéis de PVC durante a produção da ECIT.	53
Figura 23: Imagem do descarregamento de materiais da embarcação denominada de “cabrita”.	62
Figura 24: Imagem da operação de transbordo denominada de “cabritada”.	63
Figura 25: Imagem da operação de transbordo utilizando barcos infláveis.	64

Figura 26: Imagem da operação de transbordo utilizando helicópteros.	65
Figura 27: Imagem mostrando a complexidade na operação de transbordo via aérea.	67
Figura 28: Gráfico mostrando a razão entre as grandezas de massas dos principais materiais empregados nos sistemas construtivos em avaliação.	70
Figura 29: Gráfico mostrando a razão entre consumos de materiais para construção de 1 m ² de parede constituída de tijolos cerâmicos.	71
Figura 30: Gráfico mostrando a razão entre consumos de materiais para construção de 1 m ² de parede constituída de blocos de concreto.	71
Figura 31: Gráfico mostrando a razão entre consumos de materiais para construção de 1 m ² de parede constituída de painéis de madeira maciços.	72
Figura 32: Gráfico mostrando a razão entre consumos de materiais para construção de 1 m ² de parede constituída de painéis de concreto – PVC.	72
Figura 33: Imagem da pré-montagem da ECIT	75
Figura 34: Imagem da movimentação das caixas da marfinita a bordo do navio abastecedor	78
Figura 35: Gráfico mostrando os valores resultantes das avaliações das análises de transportabilidade parcial e final acumulada.	86
Figura 36: Gráfico da avaliação parcial da transportabilidade dos métodos construtivos em relação as características dos seus materiais peculiares.	87
Figura 37: Gráfico da avaliação parcial da transportabilidade dos métodos construtivos em relação as propriedades dos seus materiais peculiares.	88
Figura 38: Gráfico da avaliação parcial da transportabilidade dos métodos construtivos em relação as embalagens dos seus materiais peculiares.	90
Figura 39: Gráfico da avaliação parcial da transportabilidade dos métodos construtivos em relação a carga sustentabilidade aplicada à transportação de seus materiais peculiares.	91
Figura 40: Gráfico da avaliação final da transportabilidade dos principais materiais e métodos construtivos investigados.	93

Figura 41: Linha de ajuste e coeficiente de determinação dos valores resultantes das análises das características dos materiais.	95
Figura 42: Linha de ajuste e coeficiente de determinação dos valores resultantes das análises das propriedades dos materiais.	96
Figura 43: Linha de ajuste e coeficiente de determinação dos valores resultantes das análises das necessidades de embalagens dos materiais.	96
Figura 44: Linha de ajuste e coeficiente de determinação dos valores resultantes das análises da carga sustentabilidade aplicada a transportação dos materiais.	97
Figura 45: Linha de ajuste e coeficiente de determinação dos valores resultantes das análises de transportabilidade dos materiais e respectivos sistemas construtivos.	97

Lista de Quadros

Quadro 1 – Síntese da definição de eco-materiais, sistematizado por MACEDO (2011).	56
Quadro 2 – Classificação de materiais construtivos sob o ponto de vista ecológico, sistematizado por ALVAREZ <i>et al</i> (2002).	58
Quadro 3 – Síntese da análise das características e grandezas (pesos e medidas) dos principais materiais empregados nos métodos construtivos investigados, sistematizado pelo autor.	73
Quadro 4 – Síntese da análise das propriedades construtivas dos principais materiais empregados nos métodos construtivos investigados, sistematizado pelo autor.	76
Quadro 5 - Síntese da análise da aplicabilidade de embalagens para transbordo dos principais materiais empregados nos métodos construtivos investigados, sistematizado pelo autor.	79
Quadro 6 - Síntese da análise da carga de sustentabilidade (prazos e consumos) aplicada no transbordo de materiais de construção pelos meios de transporte disponíveis, sistematizado pelo autor.	82

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Síntese da avaliação da carga ecológica dos principais materiais construtivos empregados na Ilha da Trindade.	59
Tabela 2 - Levantamento de quantidades e grandezas (pesos e medidas) dos principais materiais e respectivos métodos construtivos investigados.	68
Tabela 3 - Síntese da análise das capacidades de carga e prazos dos meios de transporte para transbordo de materiais de construção do navio para a Ilha da Trindade.	80
Tabela 4 – Síntese da avaliação da transportabilidade e adequação dos materiais e respectivos métodos construtivos à logística de transporte para construção na Ilha da Trindade.	84

Lista de Abreviaturas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
CHM - Centro de Hidrografia da Marinha
CIB – Conselho Internacional de Construção
CIRM – Comissão Interministerial para Recursos do Mar
CLM – Conselho de Administração Logística
CLPC – Comissão de Limites da Plataforma Continental
CLT – Consolidação das Leis Trabalhistas
CNUDM – Convenção das Nações Unidas sobre os Direitos do Mar
Com1DN – Comando do Primeiro Distrito Naval
ComForSup – Comando da Força de Superfície
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
DOCM – Diretoria de Obras civis da Marinha
EAMES – Escola de Aprendizes de Marinheiros do Espírito Santo
ECIT - Estação Científica da Ilha da Trindade
EMIT – Estação Meteorológica da Ilha da Trindade
EPS – Poliestireno Expandido
IUPAC – União Internacional da Química Pura e Aplicada
LEPLAC – Plano de Levantamento da Plataforma Continental
MB - Marinha do Brasil
MNRJ – Museu Nacional do Rio de Janeiro
NBR – Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas
NDCC – Navio desembarque de Carros de Combate
ONU – Organização da Nações Unidas
PBQP-H – Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
POIT – Posto Oceanográfico da Ilha da Trindade
PROTRINDADE – Programa de Pesquisas Científica da Ilha da Trindade
PVC – Policloreto de Polivinila
RBS – Royal do Brasil Technologies S.A.
RCC – Resíduos da Construção Civil

SECIRM – Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar

SINAT – Sistema Nacional para Avaliação técnica de Produtos Inovadores

SNH – Sistema Nacional de Habitação

UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

ZEE – Zona Econômica Exclusiva

1

Introdução

1.1

Contexto

Construir em locais de difícil acesso e de interesse ambiental é um desafio. As dificuldades logísticas para construção de edificações requerem a avaliação de materiais e metodologias construtivas adequadas aos condicionantes locais. Interferir no ambiente e no ecossistema local é um dos principais desafios. Equilíbrio é o enfoque e a sustentabilidade, uma premissa obrigatória. A logística como elemento de orientação do problema, subsidia o programa de necessidades com enfoque nos conceitos relacionados ao desenvolvimento do projeto, aquisição, armazenamento, embalagem, transporte, construção, operação e manutenção da construção (ALVAREZ, 2003). A Figura 1 apresenta uma imagem da Ilha da Trindade.



Figura 1: Imagem da Ilha da Trindade. Fonte da imagem-base: Com1 DN. Disponível em: www.com1dn.mar.mil. Acesso em 10 dezembro 2014.

A Ilha da Trindade é a maior ilha oceânica brasileira do arquipélago Trindade e Martin Vaz, e está localizada na extremidade oriental da cadeia de montanhas submarinas Vitória-Trindade, distante cerca 1.200 km da costa da Cidade de Vitória – ES. A ilha tem 8,2 km² de área, e sua topografia é acidentada e constituída de várias elevações, sendo a de altura máxima o Pico do Desejado, com aproximadamente 600 m de altitude em relação ao nível do mar.

O clima local é do tipo oceânico tropical, a temperatura média anual é de 25,2° C, e fevereiro é o mês mais quente do ano (25,2°C), e agosto o mais frio (17,3°C). A Ilha abriga uma diversificada fauna marinha e é cercada por recifes de algas calcárias, peixes e aves, sendo considerada como área de interesse ambiental de grande biodiversidade.

A Figura 2 retrata a localização da Ilha da Trindade em relação aos Estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro, Brasil.

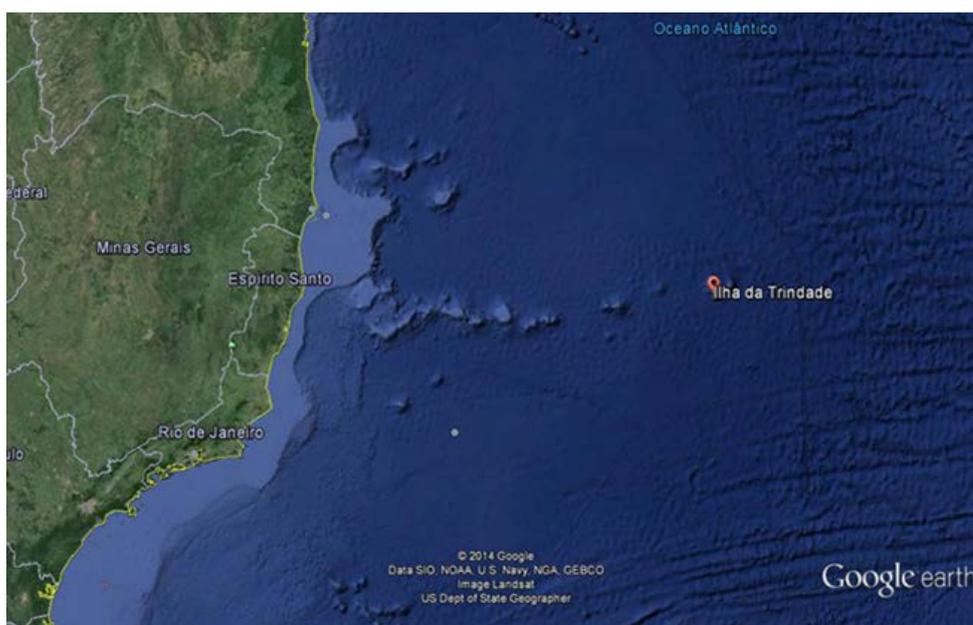


Figura 2: Localização aproximada da Ilha da Trindade. Fonte da imagem-base: Google Earth-Mapas. Disponível em: <http://earth.google.com/>. Acesso em 10 dezembro 2014.

Em função das naturais dificuldades para empreender a construção de edificações em locais estratégicos de difícil acesso, este trabalho propõe analisar o sistema construtivo constituído de painéis de PVC em relação à logística de transporte para construção da Estação Científica da Ilha da Trindade (ECIT). A Figura 3 apresenta uma imagem da ECIT construída no Posto Oceanográfico da Ilha da Trindade (POIT), 2011.



Figura 3: Imagem da Estação Científica da Ilha da Trindade (ECIT), 2011. Fonte da imagem-base: Com1 DN. Disponível em: <https://www.com1dn.mar.mil.br/>. Acesso em 10 dezembro 2014.

1.2

Importância estratégica da Ilha da Trindade

Para garantir a posse dessa fração do Território Nacional, cabe a Marinha do Brasil (MB) por meio do Comando do Primeiro Distrito Naval (Com1DN) a tarefa de ocupar, manter e guarnecer a Ilha da Trindade. Para essa finalidade em 1950 foi criado o Posto Oceanográfico da Ilha da Trindade (POIT).

São tarefas do destacamento do POIT: manter a ilha da Trindade ocupada e garantir a posse dessa fração do Território Nacional; realizar observações meteorológicas e de marés; executar ação de vigilância, no que diz respeito ao movimento de navios e aeronaves nas proximidades da ilha; cooperar no acompanhamento do tráfego marítimo; preservar às características ambientais da ilha e meio marinho do seu entorno; e servir de base de apoio a grupos de pesquisas.

A ocupação da Ilha da Trindade, assim como das demais ilhas oceânicas brasileiras, passou a ter papel relevante quando do levantamento da plataforma

continental brasileira, e sua incorporação como zonas marítimas sob soberania ou jurisdição nacional.

A partir do final da década de 1950 a Organização das Nações Unidas (ONU) passou a discutir a elaboração do que viria a ser a Convenção das Nações Unidas sobre os Direitos do Mar (CNUDM), que em 1982 foi assinada pelo Brasil e ratificada por mais 156 países.

Os preceitos preconizados nessa Convenção são a ampliação do Mar Territorial de 3 para 12 milhas marítimas, a criação da denominada Zona Contígua com mais 12 milhas marítimas de largura, a contar do limite externo do Mar Territorial, e a Zona Econômica Exclusiva (ZEE), situada além do Mar Territorial e a ele adjacente, com 188 milhas marítimas de largura, totalizando 200 milhas marítimas das linhas de base, a partir das quais se mede a largura do Mar Territorial.

De acordo com Lei Nº 8.617/1993, o conceito de Mar Territorial, 12 milhas, está relacionado a soberania nacional plena sobre todo espaço aéreo a ele sobrejacente, incluído sua área costeira. Já na Zona Contígua a ZEE, 188 milhas, consideram-se os direitos de exploração e exploração dos recursos vivos e não vivos do subsolo, do solo e das águas sobrejacente.

A CNUDM permitiu, ainda, que os estados costeiros pudessem apresentar à Comissão de Limites da Plataforma Continental (CLPC) os seus pleitos sobre o estabelecimento do limite exterior de suas Plataformas Continentais, além das 200 milhas marítimas, até um limite máximo de 350 milhas marítimas, a partir das linhas de base da costa. Nesse prolongamento o estado costeiro tem direito à exploração e exploração dos recursos do solo e subsolo marinhos, mas não dos recursos vivos da camada líquida sobrejacente. O Brasil atualmente, por meio do Plano de Levantamento da Plataforma Continental (LEPLAC), tem reivindicado a incorporação dessa área junto a CLPC.

Em correlação às grandes dimensões e aos recursos naturais e biodiversidade da “*Amazônia Verde*”, denomina-se de “*Amazônia Azul*” essa extensa área oceânica, com cerca de 4,5 milhões km². A Figura 4 mostra uma imagem dos limites e áreas da denominada “*Amazônia Azul*”, CARVALHO (2004).



Figura 4: Imagem contendo os limites e área denominada “Amazônia Azul”. Disponível em www.marinha.mil.br/: Acesso em 10dezembro2014.

1.3

Benfeitorias do POIT (Posto Oceanográfico da Ilha da Trindade)

O POIT é um destacamento da Marinha do Brasil (MB), constituído de nove edificações de pequeno porte assim classificadas: casa do comando, alojamento das praças, rancho, usina/oficinas, posto de transferência/saúde, estação meteorológica (EMIT), estação científica (ECIT) e estação rádio. A área total construída é de aproximadamente 2.000m². À exceção dos prédios da ECIT e EMIT, recentemente construídos por meio do sistema construtivo concreto – PVC, todas as demais edificações foram construídas utilizando-se painéis pré-fabricados de madeira juntamente com sistemas tradicionais de construção constituídos de paredes de alvenarias de tijolos cerâmicos e/ou blocos de concreto.

Estrategicamente o POIT está situado na área menos acidentada da Ilha da Trindade, junto a Enseada dos Portugueses geograficamente voltada para o continente africano. A Figura 5 mostra uma imagem aérea do POIT.



Figura 5: Imagem da enseada dos Portugueses onde está situado o POIT. Fonte de imagem: arquivos da DOCM.

O destacamento do POIT é mantido por meio de uma guarnição composta por cerca de 36 militares. Os destacados permanecem na ilha por quatro meses, e a cada dois meses, por ocasião do abastecimento regular, metade da guarnição é substituída.

2

Referencial teórico

2.1

Justificativa

Para produção de edificações na Ilha da Trindade aliada a exequibilidade da obra está a logística de transporte de materiais de construção. As dificuldades impostas demandam a avaliação de materiais e sistemas construtivos adequados aos condicionantes locais.

“à necessidade de se ocupar áreas inóspitas como as ilhas oceânicas brasileiras pressupõe o desenvolvimento e aprimoramento de metodologias de construção que envolvam, desde a seleção de materiais e processos construtivos até as etapas de transportamento, uso, manutenção e operação das edificações. Especialmente em relação aos materiais empregados na concepção da edificação visto os condicionantes ambientais e logísticos e, principalmente as consequências, serem diferenciados quando se trata de áreas inóspitas e de difícil acesso”, ALVAREZ (2003).

Durante um grande período supôs-se que a madeira era o material mais adequado para construção na Ilha da Trindade. Inicialmente todas as construções do POIT foram concebidas por meio da utilização de sistemas construtivos que empregavam a madeira como principal elemento de construção. No ano de 1999, por determinação do Com1DN, foram estudadas novas alternativas construtivas para edificações do POIT, tendo sido então estabelecido que todas as edificações do POIT seriam reformadas e/ou reconstruídas utilizando-se como elemento de vedação painéis pré-moldados de madeira maciça.

A Figura 6 mostra uma imagem dos prédios do rancho, alojamento das praças, usina e posto de transferência/saúde do POIT, construídos no ano de 1999, com a utilização de painéis pré-moldados de madeira.



Figura 6: Imagem das edificações do POIT, 1999. Fonte: arquivos da DOCM.

Na busca de alternativas construtivas aliadas aos conceitos de sustentabilidade, no ano de 2009, a MB com o apoio de pesquisadores da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), pesquisou novas metodologias de construção. O propósito era encontrar tecnologias que empregassem elementos pré-fabricados, passíveis de serem pré-montados, desmontados e posteriormente remontados, que fossem constituídos de materiais resistentes fáceis e rápidos de serem movimentados e transportados.

Os resultados da pesquisa indicaram o sistema construtivo constituído de formas de PVC preenchidas com concreto, denominado de concreto - PVC, como uma alternativa para emprego em construções de edificações na Ilha da Trindade. Naquela ocasião os principais aspectos considerados na investigação foram: adequabilidade ao uso e a logística disponíveis; facilidades de montagem; e prazos executivos.

A fim de dar prosseguimento e complementar as pesquisas e investigações iniciadas na ocasião, esta dissertação apresenta uma proposta de metodologia de análise da transportabilidade do sistema construtivo concreto – PVC em comparação com os sistemas que empregam tijolos cerâmicos, blocos de concreto, e madeira em relação à logística de transporte de materiais para produção de edificações na Ilha da Trindade, considerando como estudo de caso a construção

da Estação Científica da Ilha da Trindade, executada no período compreendido entre os anos de 2009 e 2011.

2.2

Problema

Transportar materiais de construção para produção de edificações na Ilha da Trindade pressupõe-se a necessidade de pesquisar e/ou desenvolver métodos construtivos que sejam adequados as diversidades e restrições locais.

“verifica-se, com uma certa frequência, que nas situações em que foram implantadas estruturas físicas de apoio em áreas preservadas e de difícil acesso – normalmente Estações Científicas, o projeto foi desenvolvido tendo por diretriz básica a solução dos problemas relacionados à inacessibilidade, principalmente para a etapa de implantação das edificações. No entanto, constata-se uma repetição de erros, entre outros, os especialmente vinculados a manutenção e/ou pouca durabilidade dos materiais construtivos adotados”, ALVAREZ (2003).

A Ilha da Trindade tem uma topografia acidentada e é cercada por corais e assolada pela forte arrebentação das ondas. Não dispõe de quaisquer tipos de atracadouros para navios, exceção de uma rampa de concreto que serve para abicar e receber pequenas embarcações.

Para transbordo de materiais e pessoal, do navio para a Ilha, os únicos meios de transporte são duas balsas (flutuantes), helicóptero e botes infláveis, esses dois últimos quando disponibilizados pelo navio abastecedor. Essas balsas são denominadas pela tripulação do POIT de “*cabritas*”. O nome “*cabrita*” foi um epíteto dado em relação aos caprinos que outrora foram abundantes na Ilha da Trindade.

A Figura 7 mostra a difícil situação para desembarque de materiais, suprimentos e pessoal durante o abastecimento regular do POIT.



Figura 7: Imagem da cabrita. Abastecimento do POIT, desembarque na Ilha da Trindade, 2011. Fonte da imagem-base: Marinha do Brasil, Comando do 1º Distrito Naval. Disponível em: www.com1dn.mar.mil.br/. Acesso em 10 dezembro 2014

2.3

Questão

A questão que norteará esta pesquisa é, sistemas construtivos constituídos de painéis de PVC são adequados à logística de transporte para produção de edificações na Ilha da Trindade?

2.4

Objetivos

2.4.1

Geral

O objetivo geral será responder o problema apresentado. Pretende-se que a pesquisa confirme a questão formulada por meio da análise do sistema construtivo que utiliza painéis PVC, frente aos condicionantes logísticos de transporte de

materiais para produção de edificações em locais de difícil acesso, considerando-se como estudo de caso a construção da ECIT na Ilha da Trindade.

Como produto final, será delineada uma proposta de metodologia para investigação e análise dos materiais de construção mais adequados para transporte e utilização em locais de difícil acesso que possa servir de consulta a profissionais e/ou pesquisadores interessados em produzir novas investigações e/ou pesquisas relacionadas ao tema abordado.

2.4.2

Específicos

Analisar a logística de transporte de materiais para produção de edificações na Ilha da Trindade.

Avaliar as características ecológicas e de sustentabilidade da utilização do PVC na produção de edificações na Ilha da Trindade.

Analisar e avaliar a transportabilidade por meio de comparações entre as características e propriedades dos principais materiais peculiares aos sistemas construtivos já empregados na Ilha da Trindade.

2.5

Metodologia de Pesquisa

A Figura 8 apresenta uma síntese dos procedimentos metodológicos adotados na pesquisa.



Figura 8: síntese do delineamento dos procedimentos metodológicos adotados na pesquisa: Fonte Adaptado do fluxograma de WOELFELL (2011).

2.5.1

Fontes

A pesquisa documental, fonte de dados primários, limitou-se à consulta de documentos, relatórios técnicos, fotografias, filmes, desenhos, projetos, observações e anotações referente ao tema proposto, coletadas pelo autor *in-loco* durante sua participação no grupo de trabalho que realizou a gestão de planejamento e construção da ECIT na Ilha da Trindade.

A pesquisa bibliográfica, fonte de dados secundários, constituiu-se na investigação a documentos publicados em relação ao tema proposto, tendo sido consultado livros, artigos, periódicos, dissertações, teses e *sites* da *Internet*, considerados confiáveis.

2.5.2

Desenvolvimento

O desenvolvimento da pesquisa consistiu na coleta dos dados procedentes das fontes de pesquisa bibliográfica, documental e nas experiências profissionais adquiridas pelo autor. Os dados coletados foram reunidos, compilados, comparados e analisados.

2.5.3

Conclusão

A conclusão final foi obtida por meio da análise dos valores e conceitos atribuídos as avaliações resultantes das investigações e pesquisas das principais características e propriedades dos materiais componentes do sistema construtivo concreto – PVC, nunca antes empregado na produção de edificações em ilhas oceânicas brasileiras.

2.5.4

Notas finais

As análises foram realizadas de forma a se obter respostas objetivas ao problema e a questão formulada, e a dissertação delineada de forma a esclarecer metodologia de investigação utilizada no estudo de caso proposto.

Segundo GIL (2002), uma vez que o estudo de caso se utiliza de dados de origens diferentes, é concebível que a análise e a interpretação de dados procedam de formas diferentes. Contudo, o autor adverte que a análise dos dados deve ser de forma qualitativa. O maior problema relativo à análise e interpretação dos dados diz respeito à falsa sensação de certeza que o pesquisador pode ter com os resultados, constituindo-se de análises intuitivas e impressionistas. A revisão

bibliográfica permite a interpretação dos dados tendo como pano de fundo a experiência e os resultados obtidos por outros autores, o que pode oferecer um parâmetro de avaliação de referência para o pesquisador.

2.6

Delimitações do Tema

Os aspectos delimitados no tema são os que envolvem os meios de transporte e transportabilidade de materiais construtivos.

O enfoque será avaliar os meios de transportes em relação as restrições de acesso à Ilha da Trindade, sem considerar os numerários despendidos na transportação.

A transportabilidade dos materiais será analisada por meio da avaliação e comparação das características (peso e volume), propriedades executivas (pré-fabricação, montagem e desmontagem), necessidades de embalagens (resistência e mobilidade) e a carga de sustentabilidade aplicada na transportação (prazos e consumos).

Os materiais investigados serão aqueles que compõem a construção de paredes de vedação interna e externa por meio de metodologias construtivas convencionais e alternativas, portanto, não serão investigados os materiais utilizados nas demais etapas de obras, tais como: fundações, pavimentações, esquadrias, coberturas, instalações e etc., tendo em vista que nessas etapas de serviços, considera-se que não existem diferenças significativas nas quantidades e características entre os materiais empregados nas metodologias construtivas investigadas.

Outrossim, assim pretende-se conceber a pesquisa na busca de uma solução para a questão apresentada.

A Figura 9 mostra um delineamento da pesquisa dos principais aspectos considerados na delimitação do tema, segundo critérios estabelecidos pelo Autor.

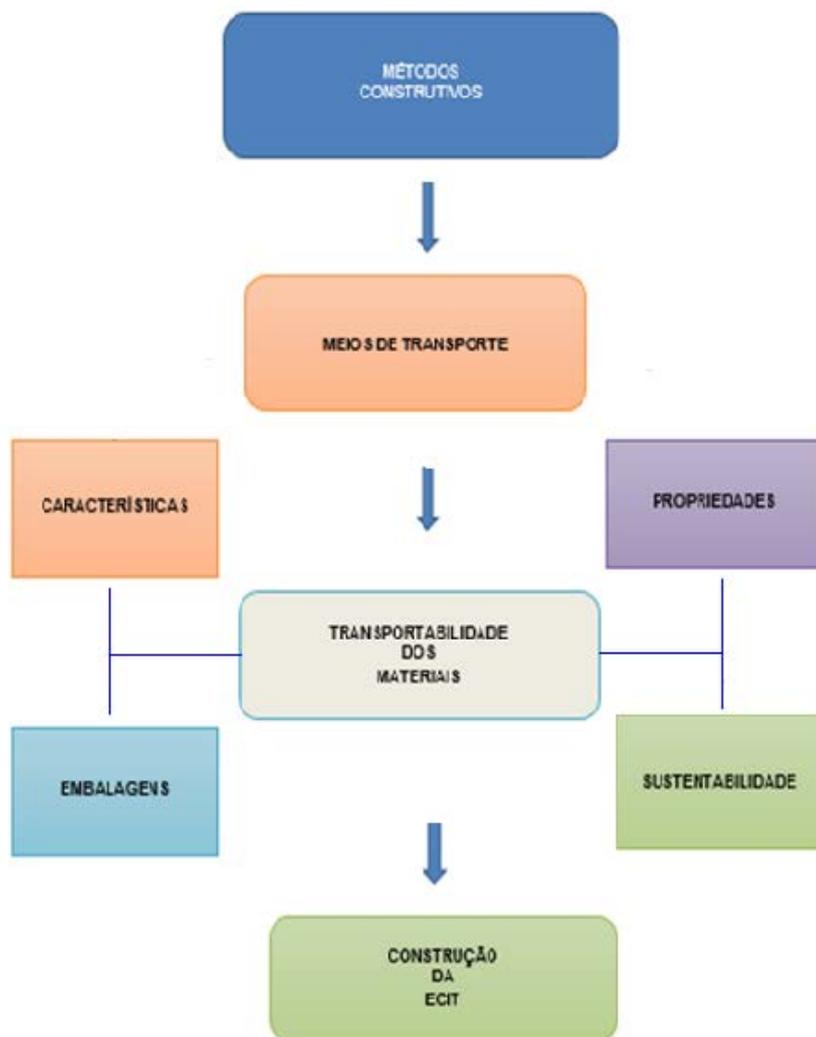


Figura 9: Mapa conceitual, síntese dos aspectos técnicos considerados na delimitação do tema segundo critérios estabelecidos pelo Autor.

3

Considerações iniciais

3.1

Estação Científica da Ilha da Trindade (ECIT): planejamento estratégico de construção

Após definido que o sistema concreto – PVC seria o partido construtivo adotado na construção da ECIT, a equipe pesquisadores da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) coordenada pela Prof^a. Cristina Engel Alvarez, especialista na elaboração de projetos para áreas de difícil acesso e de interesse ambiental, a convite da MB, desenvolveu o projeto conceitual da ECIT apresentado na Figura 10.



Figura 10: Imagem do projeto conceitual a ECIT na Ilha da Trindade – 2009: Fonte: Arquivos da DOCM.

O projeto conceitual consistiu na construção de uma edificação constituída de sala, cozinha, varanda, 2 quartos, 2 banheiros, e 2 laboratórios (seco e úmido), com cerca de 142 m², conforme desenhos em anexo, destinados a abrigar até 8 pesquisadores.

A gestão do projeto e produção da ECIT coube a Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (SECIRM), por meio do Programa de

Pesquisas Científica da Ilha da Trindade (PROTRINDADE) com recursos do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), com apoio, orientação e cooperação de pesquisadores da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e engenheiros da Diretoria de Obras Civis da Marinha do Brasil (DOCM).

Para a produção da ECIT a DOCM elaborou o planejamento estratégico de construção da ECIT constituído de quatro fases distintas: projetos, suprimentos, transportes e produção.

A Figura 11 mostra uma síntese do esquema do planejamento estratégico utilizado na construção da ECIT – 2010.



Figura 11: Síntese planejamento estratégico da construção da ECIT na Ilha da Trindade – 2011. Fonte: arquivos do autor.

A Fase I (projetos), constituída da elaboração dos projetos complementares de fundações, estruturas e instalações, caderno de encargos e demais documentos necessários a contratação da prestação de serviços de engenharia e aquisição de materiais, foi desenvolvida pelo autor e demais engenheiros da Diretoria de Obras Civis da Marinha (DOCM).

A Fase II, (suprimentos), coube a Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), órgão governamental, gestor do PROTRINDADE, a realização de Licitação para aquisição de materiais e prestação de serviços de

adestramento, conforme estabelecido na Lei de Licitações e Contratos Nº 8666/83. Nessa fase os serviços foram desenvolvidos os serviços de adestramento, que basicamente consistiram na montagem e desmontagem do *kit*¹ de PVC destinado a ECIT na Escola de Aprendizes de Marinheiro (EAMES), organização militar situada na cidade de Vitória – ES. A Figura 12 mostra uma imagem do adestramento da mão de obra (militares) da MB, realizado por pessoal qualificado da empresa contratada.



Figura 12: Imagem do adestramento do pessoal da MB, EAMES – 2010: Fonte: arquivos da DOCM

A Fase III (transportes), com exceção da embalagem e transporte dos materiais até o Porto da cidade de Vitória – ES, que foi realizado pela empresa contratada, todas as demais etapas de transporte de materiais foram realizadas pela tripulação e meios (navios, embarcações e aeronaves) fornecidos pela MB. O Porto de Vitória foi o local selecionado, por se tratar do porto mais próximo da Ilha da Trindade.

¹Nesse estudo considera-se palavra *kit* como sendo o conjunto de objetos, materiais e elementos adquiridos, com um esquema definido de montagem, de forma a possibilitar sua construção pelo seu adquirente. E prototipagem, como a elaboração de um protótipo, sendo protótipo um produto pré-fabricado segundo as especificações de um projeto, com o propósito de servir de teste antes da sua montagem final.

A Figura 13 mostra imagens do Navio G-28 NDCC Matoso Maia, empregado para transporte de materiais de construção para a Ilha da Trindade, 2011.



Figura 13: Imagens do navio utilizado para transporte de materiais, G-28 Matoso Maia – 2011. Disponível: arquivos da DOCM.

Finalizando-se, a Fase IV (produção), foi dividida em duas etapas. Uma para construção da fundação e outra para montagem do *kit* (paredes) e demais serviços de atinentes a construção da ECIT. Uma iniciada em junho de 2009 e outra em janeiro de 2011, ambas executadas por pessoal (militares) da MB sob orientação e supervisão de engenheiros da DOCM.

As obras de construção da ECIT deram início em junho de 2009 e foram concluídas no final de abril de 2011. Desconsiderado as interrupções entre as etapas de construção das fundações e montagem do *kit* de PVC (3 meses), a construção da ECIT demandou 6 meses. A Figura 14 mostra o cronograma de construção da ECIT na Ilha da Trindade.

CRONOGRAMA DE PRODUÇÃO DA ECIT									
FASES	ETAPAS / PRAZOS								
Fundações	jun/09	jul/09							
Projetos	jun/09	até	out/10						
Suprimentos			out/10	nov/10	dez/10				
Transportes	jun/09					jan/11			
Produção						jan/11	fev/11	mar/11	abr/11

Figura 14: Cronograma de construção da ECIT, Ilha da Trindade – 2011. Fonte: arquivos do autor.

A Figura 15 mostra uma imagem das obras de fundações e da montagem do *kit* de PVC realizados nos períodos compreendidos entre junho e julho de 2009 e de janeiro a abril de 2011.



Figura 15: imagem das obras de fundações e da montagem do *kit* de PVC realizados nos períodos compreendidos entre junho e julho de 2009 e de janeiro a abril de 2011

3.2

Logística de transporte: conceituação

Segundo VIEIRA (2006), a logística pode ser conceituada de duas maneiras distintas: uma é a maneira formal encontrada nos dicionários contemporâneos; e a outra é a conceituação técnica desenvolvida por estudiosos do assunto, considerando-se os aspectos técnicos e empresariais.

Com relação à conceituação formal, entre tantas outras encontradas nos dicionários contemporâneos, pode ser citado: Dicionário Aurélio Século XXI, logística vem do francês *logistique*, é “Parte da arte da guerra que trata do planejamento e da realização de: projeto e desenvolvimento, obtenção, armazenamento, transporte, distribuição, reparação, manutenção e evacuação de material (para fins operativos ou administrativos); recrutamento, incorporação, instrução e adestramento, designação, transporte, bem-estar, evacuação, hospitalização e desligamento de pessoal; aquisição ou construção, reparação, manutenção e operação de instalações e acessórios destinados a ajudar o desempenho de qualquer função militar; contrato ou prestação de serviços. Denominação dada pelos gregos à parte da aritmética e da álgebra concernente às quatro operações. Conjunto de sistemas de algoritmos aplicado à lógica”.

Segundo a conceituação técnica desenvolvida por estudiosos do assunto a logística moderna avançou em muitas outras áreas. Hoje ela constitui uma ferramenta operacional que tem ampla área de atuação e abrangência nos mais diversos sistemas produtivos, dada a importância estratégica que representa. Isso levou a reformulação dos conceitos através de definições muito mais abrangentes, entre as quais destacam-se as definições dos seguintes autores:

DASKIM (1985), “a logística pode ser definida como o planejamento e a operação dos sistemas físicos, informacionais e gerenciais necessários para que os insumos e produtos vençam condicionantes espaciais e temporais de forma econômica”.

CHRISTOPIER (1999), “relata que a logística é o processo de gerenciar estrategicamente a aquisição, movimentação e armazenagem de materiais, peças e produtos acabados com o fluxo de informações associado através da organização e seus canais de marketing, de modo a poder maximizar as lucratividades presente e futura através do atendimento dos pedidos a baixo custo”.

O CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO LOGÍSTICA - CLM (Council Logistic Management), “é o processo de planejar, implementar e controlar, de forma eficiente e econômica, o fluxo de suprimentos e produtos, a armazenagem e o fluxo de informações correspondentes a todo o sistema, da origem ao destino final, visando o atendimento às necessidades dos clientes”.

A logística tem inúmeras conceituações, uma ampla área de abrangência, e o transporte é o ramo da logística que envolve a escolha do melhor modal de transporte, para transportar o maior número de mercadorias, com o mínimo custo e menor tempo possível.

Outrossim, diante das conceituações apresentadas, nesta dissertação os meios de transporte, as restrições de acesso e transporte de materiais construtivos do navio para a Ilha da Trindade serão as etapas da logística a ser estudada.

3.3

PVC: características e propriedades

O PVC, policloreto de polivinila, também conhecido como cloreto de vinila ou policloreto de vinil; nome IUPAC² policloroeteno mais conhecido pelo acrônimo PVC (da sua designação em inglês *Polyvinyl chloride*) é um plástico não 100% originário do petróleo.

O PVC é obtido a partir de 57% de insumos provenientes do sal marinho ou sal-gema, e somente 43% de insumos provenientes de fontes não renováveis como o petróleo e o gás natural. Estima-se que somente 0,25% do suprimento mundial de gás e petróleo são consumidos na produção do PVC. Vale ressaltar que existe tecnologia disponível para a substituição dos derivados de petróleo e gás pelos de álcool vegetal (cana de açúcar e outros). A Figura 16 mostra o esquema da fabricação do PVC.

²IUPAC é a sigla de *International Union of Pure and Applied Chemistry*, que em português é União Internacional da Química Pura e Aplicada. A IUPAC é uma organização que foi criada com o objetivo de elaborar as regras da nomenclatura oficial de todos os compostos químicos. Fonte www.iupac.org

ESQUEMA DE FABRICAÇÃO DO PVC

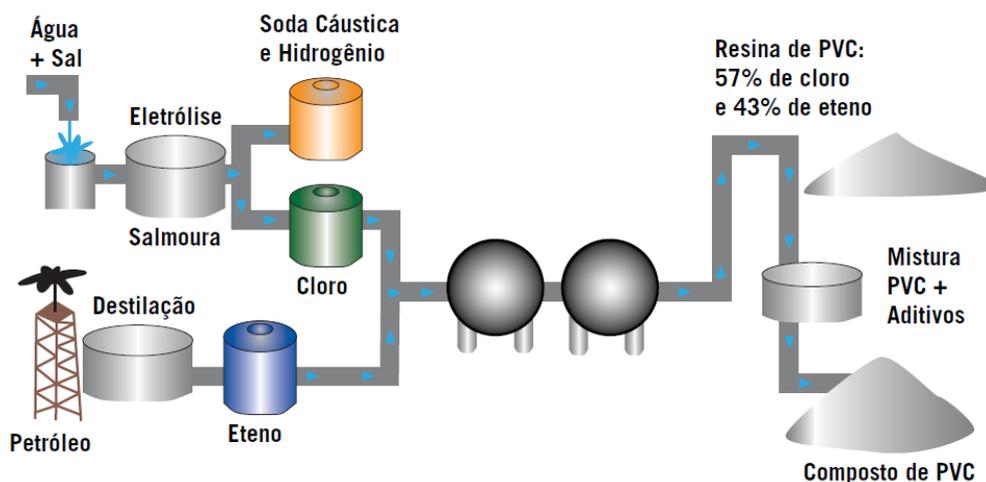


Figura 16: Esquema de fabricação do PVC. Fonte de Imagem: Disponível em: www.braskem.com.br. Acesso em 20 junho 2014.

Segundo RODOLFO *et al* (2005) o PVC é o mais versátil dentre os plásticos. Devido à necessidade de a resina ser formulada mediante a incorporação de aditivos, o PVC pode ter suas características alteradas dentro de um amplo espectro de propriedades em função da aplicação final, variando desde o rígido ao extremamente flexível, passando por aplicações que vão desde tubos e perfis rígidos para uso na Construção Civil até brinquedos e laminados flexíveis para acondicionamento de sangue e plasma. A grande versatilidade do PVC deve-se, em parte, também à sua adequação aos mais variados processos de moldagem, podendo ser injetado, extrudado, calandrado, espalmado, somente para citar algumas das alternativas de transformação. O PVC é reciclável e caracterizado como um material de aplicações de longo ciclo de vida, ou seja, aplicações nas quais o tempo de vida útil do produto antes de seu descarte para o meio ambiente é bastante longo, por exemplo, mais de 20 anos.

O PVC como resíduo, segundo o inciso IV, Art.2^o, da Resolução CONAMA n^o 307/2002 alterada pela redação dada pela Resolução n^o 431/11, reciclagem: é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação. Portanto o PVC segundo inciso II, Art. 3^o, é classificado como resíduos da construção civil (RCC) Classe B, que são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso.

Um dos aspectos ambientais mais importantes e benéficos do PVC está na origem de suas principais matérias-primas e insumos. Segundo estudos promovidos pela BRASKEM a substituição dos derivados de petróleo e gás pelos de álcool vegetal (cana de açúcar e outros) mostrou que o polietileno verde captura 2,15 quilos de CO₂ a cada quilo produzido. E para sua produção, 80% da energia consumida, é proveniente de fontes renováveis. A figura 17 mostra a avaliação do Ciclo de Vida do plástico verde – dentro do conceito “*I’m green*™” e a Figura 17 apresenta o processo de produção do polietileno verde “*I’m green*™”.

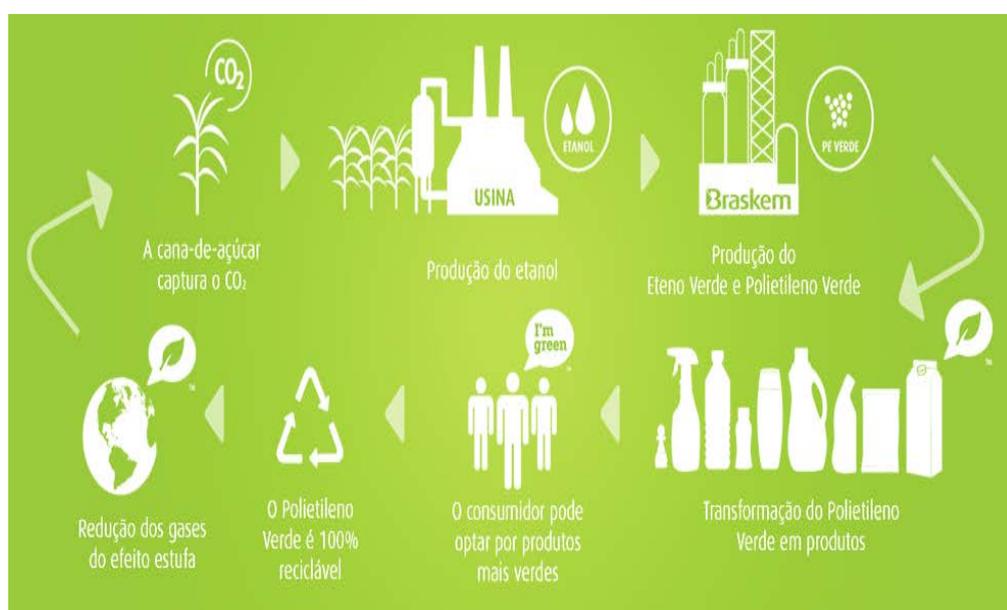


Figura 17: Esquema do Ciclo de Vida do plástico verde – “*I’m green*™”. Fonte de Imagem: Disponível em: www.braskem.com.br. Acesso em 10 dezembro 2014.



Figura 18: Esquema da produção do polietileno verde “I’m green™”. Fonte de Imagem: Disponível em: www.braskem.com.br. Acesso em 10 dezembro 2014.

Diante de suas características, fica evidente que o PVC é matéria prima aliada ao desenvolvimento sustentável, tanto por sua versatilidade quanto pelos segmentos de mercado nos quais participa, notadamente aqueles ligados diretamente à Construção Civil, tornando relevante qualquer projeto de pesquisa cujo tema aborde esse material. Segundo o Instituto do PVC³, esse material é:

- leve ($1,4 \text{ g/cm}^3$), o que facilita seu manuseio e aplicação;
- resistente à ação de fungos, bactérias, insetos e roedores;
- resistente à maioria dos reagentes químicos;
- bom isolante térmico, elétrico e acústico;
- sólido e resistente a choques;
- impermeável a gases e líquidos;
- resistente às intempéries (sol, chuva, vento e maresia);
- durável: sua vida útil em construções é superior a 50 anos; não propaga chamas: é auto extingüível;

³ Instituto do PVC é uma entidade representativa e associativa, foi fundado em setembro de 1997, e hoje já é a maior entidade do mundo em número de sócios. É um novo conceito de gestão associativa. Representa a união de todos os segmentos da cadeia produtiva do PVC: fabricantes de matérias-primas e insumos, produtores de resinas, aditivos, fabricantes de equipamentos, transformadores e recicladores.

- versátil e ambientalmente correto;
- reciclável e reciclado;
- fabricado com baixo consumo de energia.

A Figura 19 apresenta a razão de participação do PVC na construção civil em relação a outras indústrias.



Figura 19: Síntese da razão de participação do PVC na construção civil . Fonte da imagem-base: Royal do Brasil Technologies S.A. Disponível em [/www.royalbrasil.com.br/pvc.htm](http://www.royalbrasil.com.br/pvc.htm). Acesso em 20 dezembro 2014.

3.4

Sistema construtivo concreto – PVC:

Os sistemas construtivos denominado concreto – PVC, destinam-se à produção de paredes para edificações térreas, isoladas ou geminadas, sobrados e até edifícios, segundo seus fabricantes. Os sistemas são compostos de painéis de PVC pré-fabricados que servem de formas e são preenchidos com concreto e/ou argamassa transformando-se em paredes estruturais de vedação interna ou externa de edificações.

No Brasil, atualmente, existem algumas empresas que oferecem o sistema construtivo concreto - PVC, sendo as maiores pelos grupos Braskem, Global Housing International e Royal Group Technologies.

Neste trabalho, o estudo estará relacionado ao sistema construtivo concreto – PVC oferecido pela Royal Group Technologies, utilizado para construção da ECIT na Ilha da Trindade.

Segundo Royal do Brasil Technologies S.A (Royal), esse sistema foi desenvolvido no início da década de 80, no Canadá e é internacionalmente conhecido como Royal Building System (RBS). Chegou ao Brasil, em 1998, com a construção de uma escola no município de Macaé, no Rio de Janeiro e, hoje, soma mais de 500.000 m² de área construída nos mais diversos tipos de projetos.

O composto de PVC utilizado para os perfis e painéis da Royal, é um polímero especialmente desenhado para proporcionar características únicas, direcionadas às suas aplicações. O PVC da Royal tem modificadores de acrílico, ceras, lubrificantes, protetor de raios ultravioleta, e supressores de fumaça e chama. Suas propriedades físicas e mecânicas ultrapassam a dos materiais de construção tradicional, e a sua relação custo-benefício é muito maior. É um material de fácil aplicação, resistente, inerte, não tóxico, auto extingüível, impermeável, isolante térmico, elétrico e acústico. É resistente à intempérie, à salinidade, abrasivos, cimentos, e é reciclável e reciclado.

No Brasil o Ministério das Cidades através da Secretaria Nacional de Habitação – SNH, do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP-H e do Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de produtos inovadores – SINAT, concebeu as Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos – DIRETRIZ SINAT N^o 004/2010 - Sistemas construtivos formados por paredes estruturais constituídas de painéis de PVC preenchidos com concreto (Sistemas de paredes com formas de PVC incorporadas), que versa sobre a avaliação dos requisitos técnicos e critérios de desempenho dos sistemas construtivos formados por paredes estruturais constituídas de painéis de PVC preenchidos com concreto na produção de edificações.

O sistema RBS segue um conceito bem simples. Trata-se de um sistema modular constituído por painéis leves de PVC, de encaixe simples e rápido dos módulos, com espessuras e alturas variáveis, dependendo do projeto, que são preenchidos internamente com concreto e aço estrutural. A Figura 20 mostra a metodologia construtiva RBS.

SISTEMA CONSTRUTIVO CONCRETO – PVC DA RBS

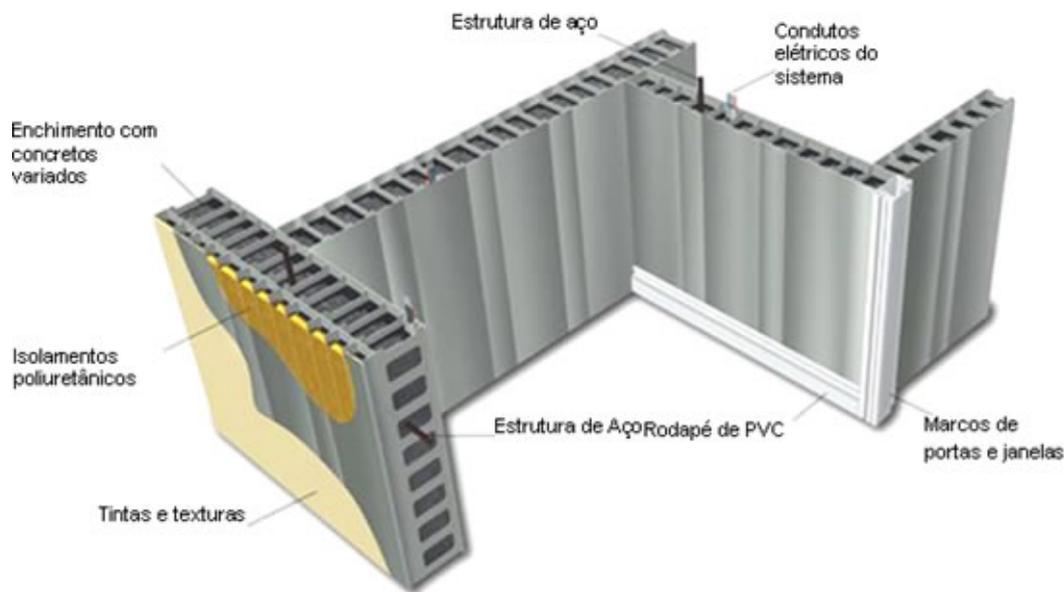


Figura 20: Síntese do sistema construtivo RBS (PVC - concreto). Fonte: Royal do Brasil Technologies S.A. Disponível em www.royalbrasil.com.br. Acesso em 20 dezembro 2014.

O sistema construtivo RBS utiliza painéis de duplo encaixe, que são montados verticalmente na obra, e contém todos os perfis para a montagem de paredes, tetos, marcos de janelas e portas, rodapés, molduras e acessórios de acabamento.

E em situações que requerem a possibilidade de montagem e desmontagem da construção de edificações térreas e/ou de pequena monta, o enchimento dos painéis de PVC pode ser produzido com o uso de agregados reciclados, areia, pedriscos, britas *etc.*, ou simplesmente ficarem ocos com uma estrutura de madeira interna, pois as cargas estruturais são baixas. As possibilidades de preenchimento com agregados ou estrutura de madeira interna, permitem que após o esvaziamento e/ou retirada das madeiras os painéis possam ser desmontados, reaproveitados e montados novamente em outro local inclusive com novo *layout* e/ou concepção arquitetônica. Entretanto para o preenchimento com concreto devem ser obedecidos os critérios e requisitos estabelecidos na Norma de Desempenho (NBR 15.575:2013 – Edificações Habitacionais – Desempenho), publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e Norma de Procedimento (NBR 6118:2003 – Projetos de estruturas de concreto), publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

A Figura 21 mostra imagens das qualidades associadas ao uso do sistema de construção RBS utilizando painéis de PVC.



Desmontável

Transportável

Fixo

A Figura 21: Imagens das propriedades aplicadas ao uso do sistema de construção utilizando painéis de PVC da Royal do Brasil Technologies S.A. Fonte:www.royalbrasil.com.br/. Acesso em 26 outubro 2014.

Os painéis que compõem o sistema, quando ainda não preenchidos, são muito leves (de 8 kg a 14 kg/m²), facilitando o processo de transporte e montagem, mesmo em locais de difícil logística de acesso, como no caso da Ilha da Trindade.

Os painéis depois de preenchidos, tanto na face interna como na externa, não necessitam de revestimentos, pinturas ou tratamentos, entretanto caso desejado elas podem receber pinturas e revestimentos tais como azulejos ou cerâmicas.

As instalações elétricas e hidráulicas podem ser embutidas e/ou fixadas externamente nos painéis. Devem ser introduzidas sempre no sentido vertical, pela parte superior do pé direito ou pela inferior (base de concreto).

O sistema RBS, ainda dispõe de painéis de 100 mm e 150 mm de espessura, que também suportam até cinco pavimentos (térreo mais quatro andares), com o uso de concreto estrutural e sem a necessidade de estrutura resistente independente (vigas e colunas). As lajes podem ser executadas com qualquer um dos sistemas convencionais, inclusive com o uso de painéis de 100 mm na horizontal, como forma terminada e permanente, evitando assim o uso do forro de terminação interior. As espessuras dos painéis para a construção de paredes variam entre 22 mm; 64 mm; 100 mm e 150 mm (esse último para climas extremos).

Segundo a Royal do Brasil os painéis de PVC não permitem a criação de fungos com a umidade permanente e a maresia, são completamente anti-ferrugem,

não precisam de pinturas nem tratamentos contra insetos (baixíssima manutenção), não propagam as chamas do fogo (é um produto não inflamável), são rápidos e simples para montar e desmontar, são leves e fáceis de transportar e estruturalmente resistentes, admitindo estruturas para suportar telhados de qualquer tipo. Trata-se de uma construção limpa, que gera pouco entulho e desperdício, além do PVC ser reciclável e ecologicamente correto. Devido à rapidez, sua montagem gera uma economia no consumo de energia elétrica e água durante a obra, o que a torna a metodologia sustentável do ponto de vista de preservação do meio ambiente. A Figura 22 mostra imagens da montagem dos painéis em PVC durante a construção da ECIT na Ilha da Trindade, 2011.



Figura 22: Imagens da montagem dos painéis de PVC durante a produção da ECIT. Fonte: Arquivos da DOCM.

3.5

Sustentabilidade na construção civil

A construção civil é atividade que abrange todas as fases de produção de uma determinada obra. Estão incluídas nessa área às funções de planejamento, projeto, execução e manutenção de obras de diferentes segmentos. O conceito de

construção sustentável é fundamentado no desenvolvimento de modelos que permitam à construção civil propor soluções aos problemas ambientais, sem renunciar à moderna tecnologia, de forma a produzir edificações que atendam às necessidades de seus usuários.

O conceito de sustentabilidade tem sua origem no documento *United Nations Documents—Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*, Relatório Brundtland 1987, quando desenvolvimento sustentável foi definido como sendo o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades, contendo em si dois conceitos-chave. Sendo:

- o conceito de "necessidades", em particular as necessidades essenciais dos pobres do mundo, aos quais deve ser dada prioridade absoluta;

- a ideia de limitações impostas pelo estado da tecnologia e da organização social sobre a capacidade do ambiente atender às necessidades atuais e futuras.

Em essência, o desenvolvimento sustentável é um processo de mudança no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional, estão todos em harmonia para melhorar tanto o potencial atual quanto o do futuro para satisfazer as necessidades e aspirações humanas.

Grandes conferências mundiais foram realizadas, como a Rio 92, no Rio de Janeiro – Brasil, em 1992, e a Rio+10, em Johannesburgo - África do Sul em 2002. Nessas reuniões foram firmados protocolos internacionais, dentre os quais a Agenda 21, a fim de rever as metas e elaborar mecanismos para o desenvolvimento sustentável. A Agenda 21 apresenta como um dos principais fundamentos da sustentabilidade o fortalecimento da democracia e da cidadania, através da participação dos indivíduos no processo de desenvolvimento, combinando ideais de ética, justiça, participação, democracia e satisfação de necessidades.

O conceito de construção sustentável é fundamentado em modelos que permitam à construção civil desenvolver e propor soluções equilibradas, considerando todos os elementos relacionados ao meio ambiente afetados pela produção de uma determinada edificação e/ou obra.

Segundo o Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação em Construção (CIB⁴, 2002), a definição de construção sustentável é o processo holístico para restabelecer e manter a harmonia entre os ambientes naturais e construídos e criar estabelecimentos que confirmem a dignidade humana e estimulem a igualdade econômica.

CIB é a abreviatura do nome francês: "Conseil International du Bâtiment", em português Conselho Internacional de Construção. Atualmente a abreviatura foi

Segundo ARAÚJO (2006), construção sustentável é aquela que promove intervenções no meio ambiente, de forma a atender as necessidades de edificação e habitação do homem moderno sem esgotar os recursos naturais e preservando o meio ambiente para as futuras gerações. Faz uso de eco materiais e de soluções tecnológicas e inteligentes para promover o bom uso e a economia de recursos finitos, a redução da poluição e o conforto de seus moradores e usuários.

Na busca da definição do que são eco materiais e sua relação com a sustentabilidade destacam-se as pesquisas desenvolvidas pela Escola d'Arquitectura de Barcelona da Universidade Internacional da Catalunya que tem produzido uma série de investigações nessa questão. Um dos mentores destas investigações é o Arquiteto Ignasi Perez Arnal. No livro "*Eco Productos, en la arquitectura e el diseño*" (ARNAL, *et al.* 2008), encontra-se uma definição lata do que são eco materiais. Esta definição sintetiza em linhas gerais os critérios de escolha para a questão dos eco-materiais. Na sua visão estratégica, o Arquiteto Ignasi Perez Arnal apresenta no descrito no Quadro 1, um conjunto de 10 pressupostos que nos permitem um bom enquadramento na problemática do que são os eco-materiais:

⁴CIB é a abreviatura do nome francês: "Conseil International du Bâtiment", em português Conselho Internacional de Construção. Atualmente a abreviatura foi mantida, mas o nome completo mudou para: Conselho Internacional de Pesquisa e Inovação na Construção. O CIB foi fundado em 1953 sob a forma de Associação mantida, mas o nome completo mudou para: Conselho Internacional de Pesquisa e Inovação na Construção. O CIB foi fundado em 1953 sob a forma de Associação e seus objetivos são estimular e facilitar a cooperação internacional e a troca de informações entre institutos de pesquisas governamentais do setor da construção, com ênfase nos institutos ligados a campos técnicos de pesquisa.

Quadro 1: Definição de eco materiais segundo pressuposto por ARNAL *et al.* 2008, sistematizado por MACEDO (2011).

Material absorvente de CO ₂	“A escolha de um material que participe ativamente na solução de uns dos mais complicados problemas atuais. A mitigação do aquecimento global é a melhor opção que a construção pode dar ao meio ambiente.
Material sustentável	Se utilizarmos as matérias-primas que a natureza nos oferece de maneira inesgotável, não condicionamos o futuro das nossas reservas.
Material reciclável	O destino de um material reciclável encontrasse na reutilização, não acaba no aterro.
Material reciclado	Evitamos a contaminação e o consumo de energia necessária para a fabricação nova do mesmo material, conseqüentemente reduzimos a quantidade de resíduos.
Pureza compositiva	Quanto mais matérias-primas sejam necessárias para obter um material, mais complicada se torna a sua separação e a sua reciclagem.
Energia incorporada	Para além de dos custos energéticos iniciais (extração, transporte, fabricação...), é importante compreender a dependência energética do material ao longo do seu ciclo de vida (inércia térmica, manutenção, rupturas e desgaste, possibilidade de ser reciclado ou reutilizado).
Grau de industrialização	Apenas para projetos de muito pequena escala se justifica a utilização de um material artesanal que exija muita mão-de-obra e a utilização intensiva de recursos em obra (água e energia). Em todos os projetos restantes dever-se-iam utilizar materiais industriais onde existe um consumo controlado de recursos e energia.
Materiais saudáveis	Evitar o uso de produtos que possam afetar a saúde do fabricante, do utilizador e do trabalhador no processo de reciclagem. Principalmente no que se refere a partículas tóxicas ou cancerígenas
Exigências de manutenção	Materiais com baixa manutenção favorecem o conforto do utilizador e diminuem a utilização de pinturas, lubrificantes e vernizes.
Materiais com certificação ecológica	Poucos materiais têm certificação que garanta uma boa utilização dos recursos, os que a têm merecem um tratamento privilegiado”.

Fonte: MACEDO (2011)

Entretanto segundo ALVAREZ (2003), mais do que comparar as características dos materiais, é interessante ter uma visão dos conceitos de sustentabilidade que nos permita reconhecer qual é o projeto mais adequado a cada situação. Diante da evidência das intervenções antrópicas no quadro atual de degradação do meio ambiente e dos riscos provocados por produção incompatíveis com a preservação dos recursos naturais, a sustentabilidade passou a ser prioridade na prática da construção civil principalmente em ambientes poucos resilientes.

Um estudo publicado pela Universidade Politécnica de Hong Kong – *A Guide for Minimizing Construction and Demolition Waste at the Design Stage* – Chi-sun Poon, 2002, apresenta recomendações e mudanças de atitude em relação ao tratamento a ser dado às novas construções, definindo princípios de redução de desperdícios, que devem ser iniciados antes mesmo da implantação do canteiro de obras, de forma a contribuir para uma construção sustentável. Segundo o esse guia, os projetos devem objetivar o aumento da vida útil das edificações. Os materiais e as metodologias construtivas devem ser especificados de forma a minimizar os desperdícios na produção da edificação.

O Quadro 2 apresenta os critérios para a classificação de materiais construtivos sob o ponto de vista da Arquitetura Ecológica segundo ALVAREZ (2003). Elaborado a partir de WILSON (2000), YEANG (1999 e 2001), ADAN (2001) e ALVARENGA (2002) e sistematizado em ALVAREZ *et al* (2002).

Quadro 2: Critérios para a classificação de materiais construtivos sob o ponto de vista da Arquitetura Ecológica. Elaborado a WILSON (2000), YEANG (1999 e 2001), ADAN (2001) e ALVARENGA (2002) e sistematizado em ALVAREZ *et al* (2002).

Renováveis	São aqueles que podem ser retirados de seu meio natural em função da capacidade de renovação. Considerando essa afirmativa, a madeira surge como o único material efetivamente renovável na construção civil, justamente por sua capacidade de crescimento. No entanto, admite-se que algumas matérias primas básicas, pelo caráter de abundância, podem ser enquadradas nessa categoria, tais como o solo e as rochas em geral.
Reaproveitados e/ou reciclados	Além dos materiais reaproveitados e/ou reciclados – de valor ecológico já incorporado – uma outra categoria refere-se àquela obtida por processos de baixa demanda energética e reduzido impacto. Nessa categoria, podem ser mencionadas as técnicas construtivas de terra crua (não exigem queima de combustíveis para sua confecção), a madeira (extraídas a partir de reflorestamento e sem tratamento), pedras naturais (extraídas a partir de jazidas certificadas), etc.
Com baixo impacto ambiental	A obtenção de matéria prima para a construção de edificações pode ser oriunda de materiais normalmente descartados em seu uso cotidiano, tais como embalagens Tetra Pak, latas de refrigerantes, pneus usados, dentre outros. Esses materiais podem também ser incorporados a outros, gerando novos usos, como os tijolos moldados a partir de garrafas tipo pet, placas de concreto com fibra de coco, telhas moldadas com a massa do resíduo dos minerodutos, etc. Nessa categoria estão também os materiais construtivos desperdiçados em sua origem, como por exemplo, as placas de casqueiro de granito, que podem ser utilizados em várias funções numa edificação e que são normalmente descartados nos processos industriais de beneficiamento de rochas ornamentais.
Reduzido desperdício de materiais	Produtos industrializados e/ou com dimensionamento normatizado que permitem o desenvolvimento de técnicas cuja necessidade de corte e/ou desperdício de materiais seja reduzido ao mínimo necessário. É interessante observar que grande parte do desperdício verificado na construção civil se deve a erros de projeto, que não consideram o dimensionamento básico dos componentes industrializados para o desenho dos ambientes. Uma outra vertente de desperdícios está relacionada ao custo do material: materiais de baixo custo – lajotas, por exemplo – geram grande parte do entulho de obra, enquanto outros – como o vidro – são manuseados com cuidado e representam um índice desprezível no lixo da obra. Conforme Adam (2001), as perdas nas obras podem variar de 30 a 100%, estando entre as causas das perdas os projetos de arquitetura mal elaborados, falhas no detalhamento e nas especificações de materiais.
Ciclo de vida da construção	Alguns materiais, embora com forte apelo ecológico inicial, podem representar prejuízos ambientais ao longo do tempo, principalmente em função do ciclo de vida útil. Comparando dois materiais absolutamente antagônicos – o aço e a madeira – pode-se afirmar que a madeira possui argumentos de indiscutível apelo ecológico, tais como sua capacidade de renovação, uso com mínimo gasto energético e até mesmo baixo índice de desperdício. Por sua vez, o aço simboliza a antítese da madeira, justamente por sua matéria prima não ser renovável e por demandar grande energia para a produção e uso. Além disso, todo o processo até a obtenção de laminados ocasiona impactos ambientais vultuosos, que não podem ser ignorados. No entanto, quando a madeira é adotada sem o necessário tratamento e em condições que possibilitem o apodrecimento do material, o custo de manutenção e/ou a retirada do material degradado podem gerar danos elevados, enquanto que o aço, além de ser um material durável e com reduzido índice de desperdício na obra, ainda pode ser reciclado e reaproveitado após o término da vida útil da edificação.

Fonte: ALVAREZ *et al* (2002)

O conceito de construção sustentável é uma atual tendência no mercado, pois diferentes agentes consumidores, investidores, fiscalizadores tem estimulado e pressionado o setor a incorporar essas práticas em suas atividades. Diante dessa situação, o setor da construção tem se engajado cada vez mais nessa prática, e as empresas privadas e órgão públicos governamentais tem sistematicamente mudado sua forma de produzir e gerir suas novas obras. Para tanto é importante que os agentes em questão promovam uma introdução progressiva de sustentabilidade, buscando, em cada obra, soluções que sejam economicamente relevantes e viáveis para os empreendimentos.

Segundo definido e sistematizado por MACEDO (2011) e ALVAREZ *et al* (2002), na busca de uma construção sustentável, o autor elaborou a avaliação da carga ecológica aplicada nos principais materiais utilizados nos métodos construtivos empregados em construções de edificações na Ilha da Trindade, demonstrada na Tabela 1, a seguir.

O objetivo da pesquisa é mostrar o material que reúne as melhores características ecológicas.

Para obtenção do suposto resultado os critérios arbitrados para avaliação e conceito em apreço foram: péssimo=1 ponto; ruim=2 pontos; razoável=3 pontos; bom = 4 pontos; e excelente =5.

Tabela 1: Síntese da avaliação da carga ecológica aplicada nos principais materiais construtivos empregados em construções na Ilha da Trindade.

AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS				
PROPRIEDADES/ METODOLOGIA	TIJOLOS CERÂMICOS	BLOCOS DE CONCRETO	PAINÉIS DE MADEIRA	PAINÉIS DE PVC
MATERIAL ABSORVENTE DE CO2	3	2	4	3
MATERIAL SUSTENTÁVEL	3	3	4	4
MATERIAL RECICLÁVEL	1	1	4	4
MATERIAL RECICLADO	1	1	3	3
PUREZA COMPOSITIVA	2	2	4	3
ENERGIA INCORPORADA	1	2	4	4
GRAU DE INDUSTRIALIZAÇÃO	2	2	4	5
MATERIAIS SAUDÁVEIS	3	3	4	4
EXIGÊNCIAS DE MANUTENÇÃO	2	2	2	5
DURABILIDADE	4	4	3	4
VALOR TOTAL	22	22	36	39

Valores arbitrados: péssimo=1ponto; ruim=2pontos; razoável=3pontos; bom=4pontos; e excelente=5pontos.

Fonte: MACEDO (2011) e ALVAREZ *et al* (2002), sistematizado pelo autor.

De acordo com os resultados finais obtidos conclui-se que, dentre os materiais avaliados, o PVC é o que reúne a maior carga ecológica.

4

Análise da logística de transporte

4.1

Meios de transporte

“Considerando que o objeto de estudo está relacionado às áreas de difícil acesso, as condições de transporte são essenciais para o desenvolvimento dos projetos. Por serem áreas de acessibilidade dificultada, e portanto, com pouca ou quase nenhuma interferência negativa da atividade humana, conservam suas características ambientais de forma íntegra sendo, muitas vezes, protegidas como áreas de preservação. Dessa forma, um dos cuidados adicionais a serem adotados na questão do transporte refere-se ao impacto ocasionado tanto na construção como no uso da edificação, além da necessária adequabilidade do projeto aos meios disponíveis”, ALVAREZ (2003).

Para o abastecimento do POIT, a MB por meio do Com1DN, emprega seus navios subordinados das classes Rebocadores de Alto Mar ou de Apoio Oceanográficos. Os navios destacados fazem a derrota do Rio de Janeiro até a Ilha da Trindade, cerca 750 milhas náuticas, em torno de três a quatro dias,

O POIT não dispõe de atracadouro para navios, exceção de uma rampa de concreto com aproximadamente 120 m², que serve para recebimento e estacionamento das balsas (cabritas), e um heliporto para pouso e decolagem de helicópteros.

Para a faina de abastecimento os navios ficam ancorados na enseada dos Portugueses, distante cerca 300 m da arrebentação das ondas, no alinhamento com a rampa de concreto, no ponto de fundeio indicado na Carta Náutica⁵ N^o 21, editada pelo Centro de Hidrografia da Marinha (CHM).

O transbordo de pessoal, bagagem, materiais e equipamentos, do navio para a Ilha da Trindade, podem ser realizados por meio das balsas (*cabritas*),

⁵Segundo o CHN, Cartas Náuticas, são documentos cartográficos que resultam de levantamentos de áreas oceânicas, mares, baías, rios, canais, lagos, lagoas, ou qualquer outra massa d'água navegável e que se destinam a servir de base à navegação; são geralmente construídas na Projeção de Mercator e representam os acidentes terrestres e submarinos, fornecendo informações sobre profundidades, perigos à navegação (bancos, pedras submersas, cascos soçobrados ou qualquer outro obstáculo à navegação), natureza do fundo, fundeadouros e áreas de fundeio, auxílios à navegação (faróis, faroletes, boias, balizas, luzes de alinhamento, radiofaróis, etc.), altitudes e pontos notáveis aos navegantes, linha de costa e de contorno das ilhas, elementos de marés, correntes e magnetismo e outras indicações necessárias à segurança da navegação. A carta Náutica N^o 21 representa o levantamento do entorno da Ilha da Trindade.

botes infláveis ou helicópteros. A fim de resguardar a segurança da tripulação, as operações de transbordo só são realizadas no período diurno, com duração máxima entre 10 a 12 horas. Cabe comentar que, por questões de segurança a tripulação destacada no POIT não dispõe de quaisquer tipos de embarcações a propulsão para uso e navegação local.

As *cabritas* são duas balsas, cada uma medindo cerca de 20 m² constituídas de poliestireno expandido (EPS), isopor envolto por estrutura metálica. As balsas (*cabritas*) são dotadas de um cesto central onde são acondicionados os materiais e equipamentos a serem transportados. A carga máxima admitida para transporte nas *cabritas* é de aproximadamente uma tonelada, ou seja, seis pessoas mais 500kg de materiais. Esse flutuante foi projetado e construído no Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ) especialmente para atender as necessidades de acesso ao POIT, e está em operação a mais de 50 anos. A Figura 23 mostra imagem da operação de descarregamento da *cabrita* na rampa do POIT.



Figura 23: Imagem do descarregamento da *cabrita* na rampa do POIT. Fonte de imagem: arquivos da DOCM.

O sistema de transporte utilizando as *cabritas* funciona por meio da passagem de uma espia do cabrestante do navio para o cabrestante localizado na rampa do POIT. Essa espia ligada diretamente a proa e popa da balsa faz o sistema de vai e volta da rampa para o navio.

A realização de uma *cabritada*, dependendo das condições marítimas, disponibilidade operacional do navio e das características da carga a ser transportada, demora cerca de duas horas. A Figura 24 mostra imagens do sistema de transporte denominado de *cabritada*.

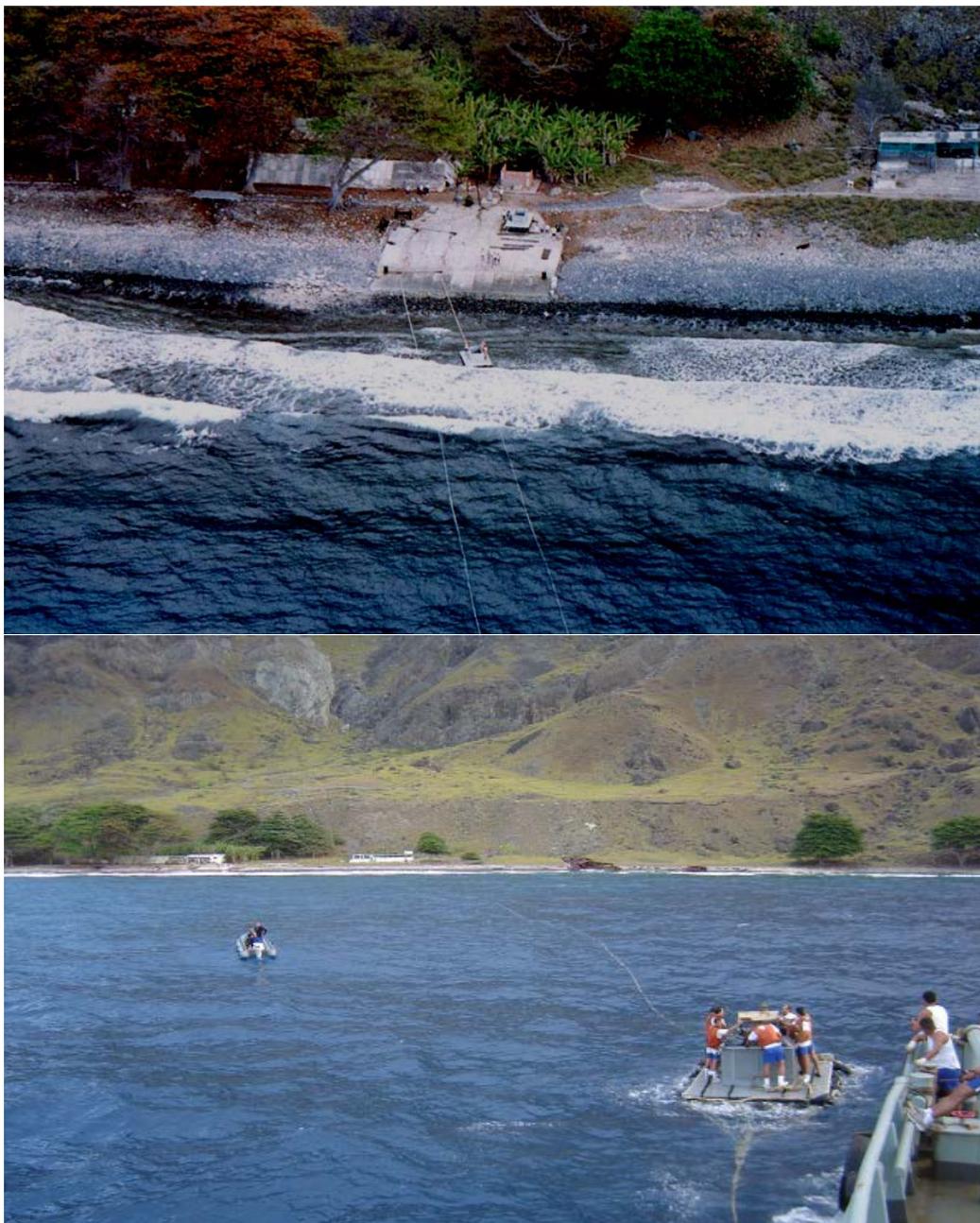


Figura 24: Imagens do sistema de transbordo denominado de *cabritada*: Fonte da imagem: arquivos da DOCM.

Os botes infláveis com propulsão através de motores de popa também são utilizados como meio de transporte de pessoal e materiais, entretanto dependem de sua disponibilidade pelo navio abastecedor.

Sua capacidade de carga é muito limitada, e a utilização desse meio consiste no deslocamento (navegação) do bote, entre o navio e a enseada da *Galheta*, uma praia com cerca de 20 m de largura, localizada junto à enseada dos Portugueses, única capaz de receber pequenas embarcações dotadas de motores de propulsão. A operação de embarque e desembarque de materiais do navio utilizando botes infláveis, em condições satisfatórias de mar, dura cerca de 40 minutos. A Figura 25 apresenta uma imagem do bote inflável do tipo normalmente utilizado nas operações de embarque e desembarque de pessoal e material na Ilha da Trindade.



Figura 25: Imagens do bote inflável *FC 470 Evol 7 da ZODIAC*: Fonte da imagem <http://zodiacmilpro.wordpress.com/>, acesso em 20 de dezembro de 2014.

O helicóptero é outro meio de transporte, e sua utilização também depende da sua disponibilidade pelo navio abastecedor.

No helicóptero as cargas podem ser transportadas de forma externa ou interna (dentro da cabine). A forma externa consiste no transporte dos materiais por meio de redes e/ou sacos de rafia, denominados comercialmente de *big bags*, pendurados no guincho do helicóptero por meio de um estropo. A operação de transporte, ida e volta da aeronave, do convôo ao heliporto do POIT, é denominada de lingada. Cada lingada demora aproximadamente 15 minutos.

Durante a operação de abastecimento POIT, dependendo do tipo de navio empregado e das condições marítimas, todos os sistemas podem operar concomitantemente.

A Figura 26 mostra imagens da operação de transporte de carga externa por meio de helicópteros da MB.



Figura 26: Imagens da operação de transporte de carga externa por meio de helicópteros: Fonte da imagem: arquivos da DOCM.

4.2

Transportabilidade dos materiais

A transportabilidade pode ser definida como a capacidade de um produto e/ou material ser levado, através de um modal de transporte, de um ponto de origem a um ponto de destino.

Para o estudo da transportabilidade serão analisadas as principais características e propriedades dos materiais e sistemas construtivos que foram, ou seriam empregados na construção da ECIT na Ilha da Trindade.

Os principais aspectos técnicos investigados serão:

- características dos materiais construtivos levando-se em consideração suas grandezas de massa (pesos) e medidas;
- propriedades construtivas relativas a utilização de elementos pré-fabricados, passíveis de serem pré-montados, desmontados e posteriormente remontados.
- necessidades de utilização de embalagens em decorrência da resistência de necessidade de movimentação dos materiais;
- cargas de sustentabilidade aplicada nos prazos e consumos despendidos para transportação dos materiais;

Para avaliação dos resultados pretendidos somente serão analisados os principais materiais utilizados nos sistemas construtivos convencionais e alternativos delimitados no tema.

A análise será procedida supondo a construção da ECIT, dessa forma as quantidades de materiais serão fundamentadas nas medidas apresentadas no projeto básico de construção, cuja cópia encontra-se em anexo à presente dissertação.

4.3

Aspectos técnicos

4.3.1

Características: pesos e medidas

O reconhecimento da massa (peso), volume e dimensões (medidas), aliados a quantidade e variedade de materiais, determinarão qual método construtivo utiliza materiais mais adequados para transporte.

Pesos e medidas são aspectos fundamentais para o planejamento da logística de transporte. As aferições dessas medidas estão vinculadas a segurança na movimentação e manuseio da carga. O carregamento de materiais acima das capacidades estipuladas para os meios de transporte e/ou equipamentos colocam em risco as operações de transporte. Portanto, é imprescindível que todos os materiais, independente das especificações técnicas informadas pelos seus fabricantes, antes do seu transporte tenham suas massas aferidas individualmente e/ou juntamente com suas embalagens.

A Figura 27 mostra a imagem da complexidade das operações de transporte de carga externa por meio de helicópteros.



HE: LIMITE DE PESO E COMPLEXIDADE DAS OPERAÇÕES

Figura 27: Imagem mostrando a complexidade na operação de transporte de carga externa por meio de helicóptero. Fonte: arquivos da DOCM.

A pesquisa indica que antes das operações de transporte é interessante instruir que o gestor responsável pela transportação providencie uma lista dos materiais a serem carregados. Essa lista, denominada romaneio, deve conter a descrição, quantidades, características e massa (peso) de todos os materiais e/ou cargas a serem transportados.

Segundo o artigo 198 da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) Decreto Lei 5452/43. É de 60 kg (sessenta quilogramas) a carga máxima que um empregado pode remover individualmente, ressalvadas as disposições especiais relativas ao trabalho do menor e da mulher (Redação dada pela Lei nº 6.514, de 22.12.1977).

No levantamento de quantidades de materiais considera-se importante citar que em locais com restrições de acesso, a perda por danos e/ou alijamento de carga é significativa. A falta de materiais poderá prejudicar ou até inviabilizar conclusão do empreendimento no prazo pretendido. Dependendo das características dos materiais, dos meios de transporte e das condições ambientais locais, as razões de reposição a ser considerada devem variar na ordem de 10% a 20% das quantidades inicialmente previstas. Na Ilha da Trindade o parâmetro adotado foi 15%.

A fim de possibilitar a análise quantitativa dos materiais a Tabela 2 apresenta as descrições, quantidades, massa específica e massa dos principais materiais empregados nos métodos construtivos investigados. Os levantamentos de dados e das quantidades foram aferidos junto aos desenhos do projeto básico da ECIT em anexo.

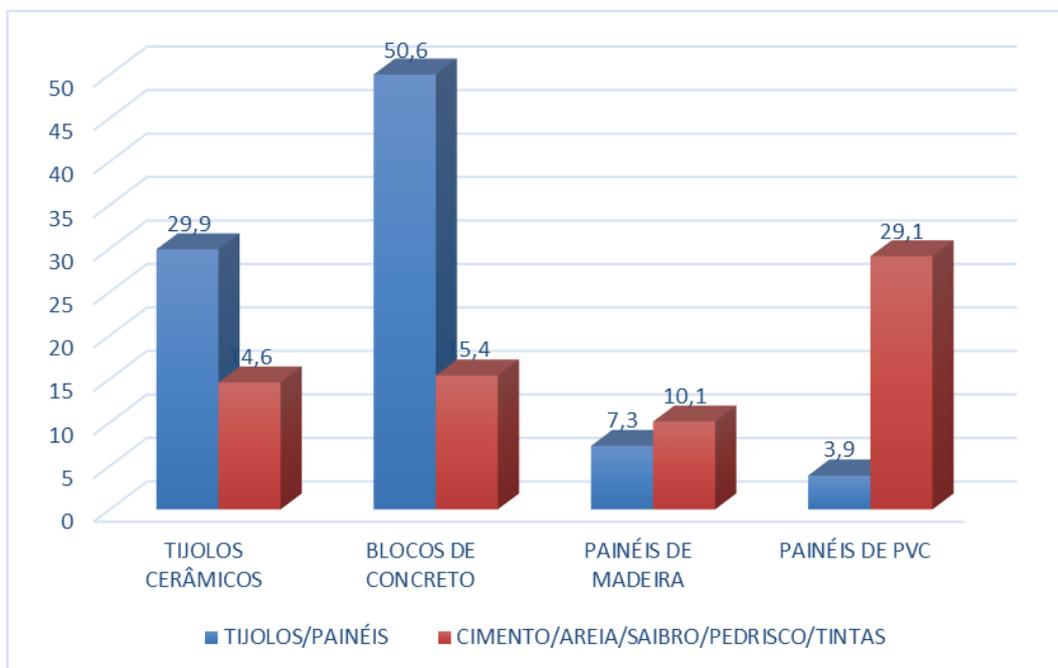
Tabela 2: levantamento de quantidades e massa dos principais materiais empregados nos métodos construtivos investigados.

ITENS	DESCRIÇÃO	Qde/m	unid	massa especifica kg/m ³	kg/m ²	kg
PAREDES DE TIJOLOS CERÂMICOS 90 x 190 x190 mm / espessura 13 mm						
1	Cimento Portland , CP-32	8,629	kg	1200,00	8,63	1.984,67
2	Areia lavada	0,019	m ³	1800,00	35,08	8.068,86
3	Saibro	0,012	m ³	1600,00	19,09	4.390,24
4	Tijolo cerâmico 10X20X20cm c/8 furos	0,100	m ³	1300,00	130,00	29.900,00
5	Tinta acrílica	0,144	l	1400,00	0,20	92,74
TOTAL (kg)						44.436,51
PREDES DE BLOCOS DE CONCRETO 100 X 200 X400 / espessura 14 mm						
1	Cimento Portland , CP-32	6,680	kg	1200,00	6,68	1.536,40
2	Areia avada	0,022	m ³	1800,00	40,03	9.207,36
3	Saibro	0,012	m ³	1600,00	19,55	4.496,96
4	Bloco de Concreto 10x20x40cm	0,100	m ³	2200,00	220,00	50.600,00
5	Tinta acrílica	0,144	l	1400,00	0,20	92,74
TOTAL (kg)						65.933,46
PAINÉIS DE MADEIRA pré-fabricados 40 x 1200 x 2700 mm						
1	Painél de madeira	0,040	m ³	700,00	28,00	7.280,00
2	Cimento Portland , CP-32	8,629	kg	1200,00	8,63	448,71
3	Areia lavada	0,019	m ³	1800,00	35,08	1.824,26
4	Saibro	0,012	m ³	1600,00	19,09	992,58
5	Tijolo cerâmico 10X20X20cm c/8 furos	0,100	m ³	1300,00	130,00	6.760,00
6	Tinta acrílica	0,144	l	1400,00	0,20	10,48
7	Tinta óleo	0,180	l	1060,00	0,19	79,37
TOTAL (kg)						17.395,40
PAINÉIS DE PVC ESP. 10cm - RBS10 - 100 X 232 X 2700 mm						
1	Painél de PVC	0,01	m ³	1400,00	14,00	3.920,00
2	Cimento Portland , CP-32	25,2	kg	1200,00	25,20	5.796,00
3	Areia grossa lavada**	0,08082	m ³	1800,00	145,48	0,00
4	Pedra 1	0,07524	m ³	1375,00	103,46	23.794,65
TOTAL (kg)						33.510,65

Observações:

- 1) massa específica dos materiais de construção: Fonte: NBR 6120 - Tabela 1. pag.2;
 - 2) traço da argamassa de assentamento dos tijolos cerâmicos 90x190x190 mm, juntas 12mm e traço 1:0,5:2,5: Fonte: TCPO 13 - 04211.8.2 pag. 201;
 - 3) traço da argamassa de assentamento dos blocos de concreto 90x190x290 mm, juntas 10 mm e traço 1:1:5,5: Fonte: TCPO 13 - 04211.8.1 pag. 208;
 - 4) traço do concreto para preenchimento dos painéis de PVC, 15 MPA: Fonte: TCPO 13 - 03310.8.1, pag. 152;
 - 5) traço de argamassa para emboço de paredes de tijolos e blocos, espessura 20 mm, traço 1:3:3: Fonte TCPO 13 - 4.060.8.1.94 pag.193;
 - 6) consumo e peso específico de tinta acrílica e óleo: Fonte: Tintas Coral S.A, Boletins Técnicos 11.1010 e 11.2010;
 - 7) embalagens; cimento - saco c/50 kg, areia fina lavada - saco c/25 kg, saibro saco- c/25 kg e tintas óleo e acrílicas latas- c/3,6 l;
 - 8) **areia utilizada no traço do concreto de preenchimento dos painéis de PVC foi extraída da Ilha da Trindade;
 - 9) peso estimado dos painéis de madeira (imbuia), 40x1200x2700 mm, 90 kg; e
 - 10) peso estimado dos painéis de PVC RBS -10, 100x232x2700 mm, 9 kg;
 - 11) área total de alvenaria, 230m² (descontados vão de esquadrias);
 - 12) área total de painéis de PVC, 280 m² (não descontados vão de esquadrias); e
 - 13) área total de painéis de madeira maciça, 260 m² excluída área dos banheiros e cozinha, 20 m²(não descontados vão de esquadrias).
- Fonte: tabela sistematizada pelo autor.

A Figura 28 mostra as razões entre as grandezas de massa dos principais materiais de vedação em relação aos demais materiais construtivos que foram ou seriam utilizados na construção das paredes e/ou painéis da ECIT na Ilha da Trindade, medidas em toneladas (*t*).



A Figura 28: Razão entre as grandezas de massa dos principais materiais utilizados na construção das paredes e/ou painéis da ECIT na Ilha da Trindade, medidas em toneladas (*t*).

As Figuras 29 a 32 mostram as razões entre grandezas de massa dos materiais consumidos na construção de 1 m² de parede e/ou painéis pelos métodos construtivos em análise.

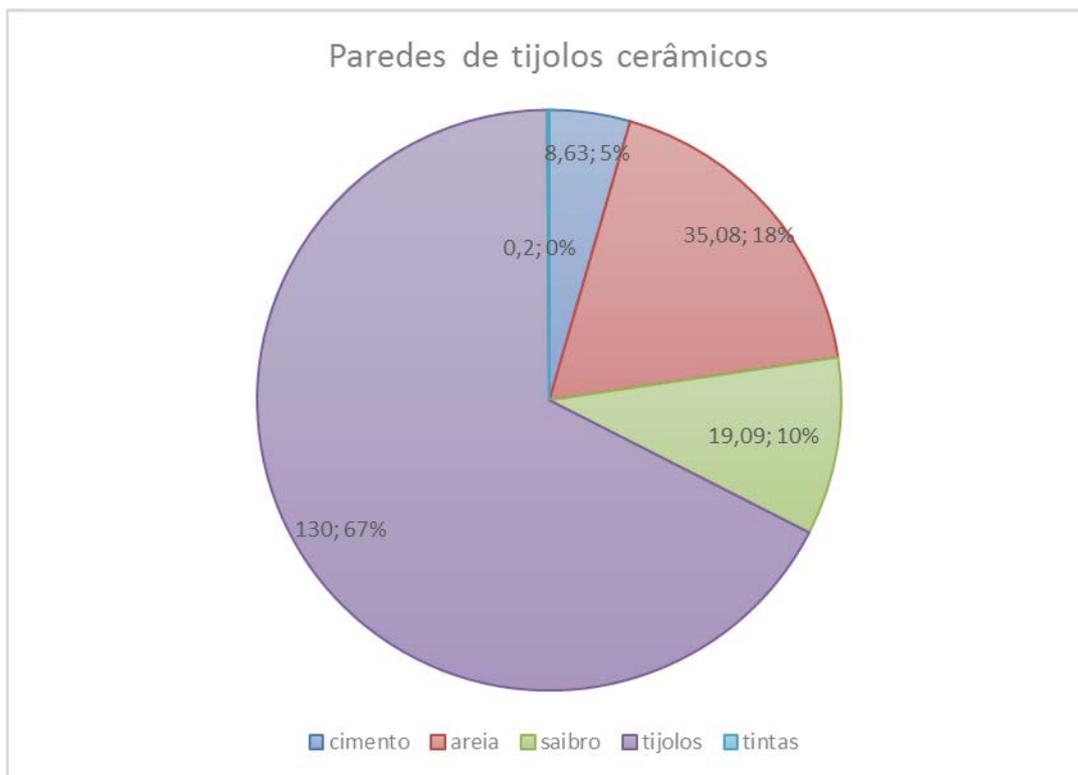


Figura 29: Razão entre consumos de materiais para construção de 1m² de parede utilizando tijolos cerâmicos, medidas em kg/m² e %.

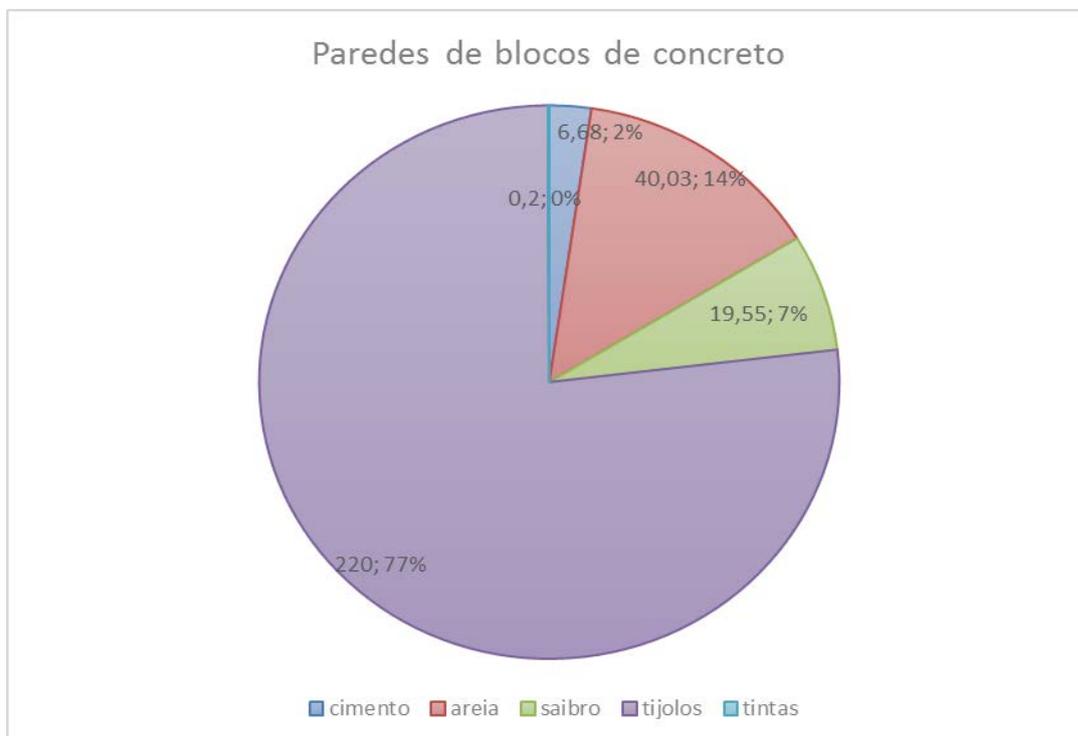


Figura 30: Razão entre consumos de materiais para construção de 1 m² de parede com blocos de concreto, medidas em kg/m² e %.

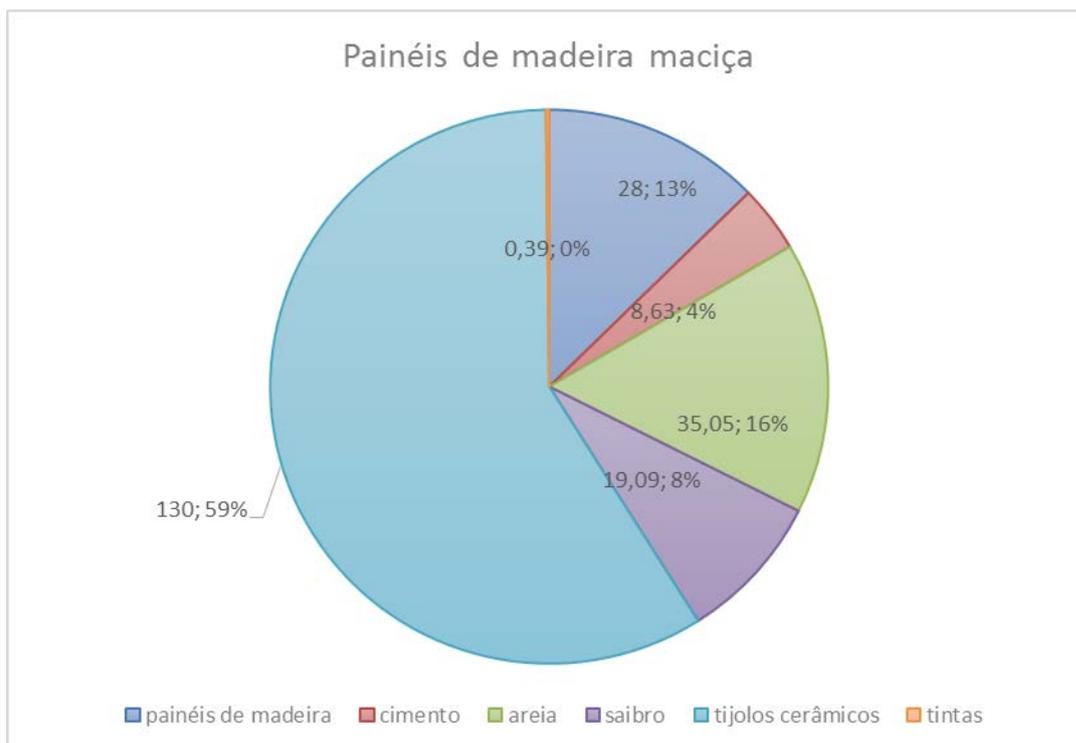


Figura 31: Razão entre consumos de materiais para construção de 1 m² de parede com painéis de madeira maciça, medidas em kg/m² e %.

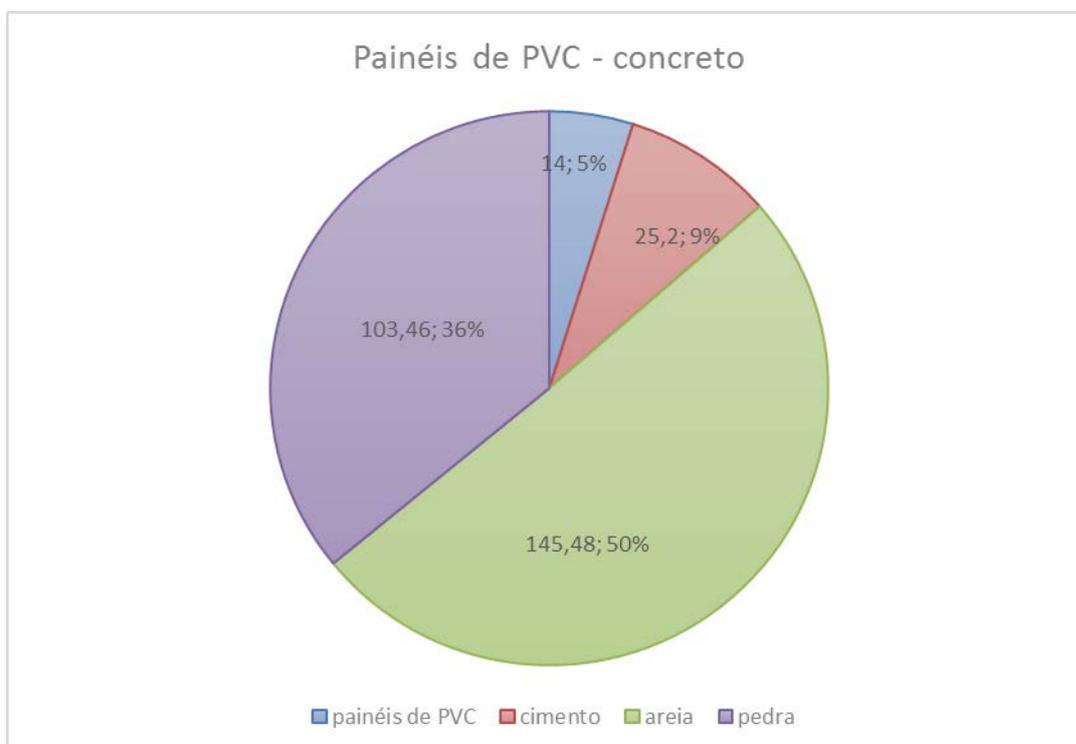


Figura 32: Razão entre consumos de materiais para construção de 1 m² de parede utilizando concreto - PVC, medidas em kg/m² e %.

De acordo com os dados e considerações obtidos e apresentados na Tabela 2 e Figuras 29 a 32, o Quadro 3 mostra a síntese da análise dos aspectos técnicos relativos as características (pesos e medidas) dos principais materiais empregados nos métodos construtivos investigados em relação à logística de transporte para Ilha da Trindade.

Quadro 3: Síntese da análise das principais características (pesos e medidas) dos materiais e respectivos métodos construtivos em relação à logística de transporte de materiais para Ilha da Trindade.

MÉTODOS CONSTRUTIVOS	ANÁLISE
Paredes de tijolos cerâmicos	A construção de paredes de alvenaria empregando tijolos cerâmicos demanda grandes quantidades e diversidade de materiais, portanto, elevada carga a ser transportado. Os tijolos cerâmicos individualmente possuem pequenas dimensões são leves e fáceis de serem manuseados.
Paredes de blocos de concreto	A construção de paredes de alvenaria empregando blocos de concreto demanda grandes diversidades e quantidades de materiais, portanto, elevada carga a ser transportado. Os blocos de concreto individualmente possuem pequenas dimensões, são leves e fáceis de serem manuseados.
Painéis de madeira	As montagens de paredes utilizando painéis de madeira pré-fabricados demandam pequenas quantidades e diversidades de materiais, portanto, baixo peso a ser transportado. Os painéis de madeira são individualmente pesados, possuem grandes dimensões e são de difícil manuseio.
PVC - concreto	As montagens de paredes com painéis (formas) de PVC exigem razoável diversidade e quantidade de materiais, portanto, razoável carga a ser transportada. As formas de PVC individualmente são muito leves, possuem dimensões variadas, entretanto são muito fáceis de serem manuseadas.

Fonte: sistematizado pelo autor

4.3.2

Propriedades: pré-fabricação, montagem e desmontagem

A possibilidade de utilização tecnologias que permitam o uso de materiais pré-fabricados é um aspecto importante a ser considerada na análise dos sistemas construtivos em relação à logística de transporte de materiais de construção para locais de difícil acesso.

Segundo a NBR 9062– Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Elemento pré-moldado é aquele que é executado fora do local de

utilização definitiva na estrutura, com controle de qualidade menos rigoroso, e elemento pré-fabricado é pré-moldado executado industrialmente, em instalações permanentes ou temporárias em canteiros de obra, sob condições rigorosas de controle de qualidade.

Os elementos pré-fabricados constituídos de materiais leves, que tenham dimensões e características que permitam seu fácil manuseio, movimentação e transporte sem a necessidade do uso de equipamentos especiais, tais como guinchos, guindastes, tratores, *etc.*, são mais adequados para transporte e construção em locais com restrições de acesso.

O emprego de tecnologias construtivas que tornem possível a utilização de elementos pré-fabricados com possibilidades de pré-montagem ou prototipagem e posterior desmontagem permite à realização de testes, correções e ajustes dos materiais destinados à construção. Igualmente, a pré-montagem e desmontagem tornam possível a elaboração prévia de um plano estratégico para embalagem, transporte e remontagem dos painéis de PVC no local de destino final.

Essas propriedades não só proporcionam uma diminuição dos prazos executivos como racionalizam as quantidades de materiais a serem transportados empregados na obra.

Entretanto, é importante citar, que para pré-montagem faz-se necessário disponibilizar área apropriada destinada ao recebimento, armazenamento, montagem, desmontagem e posterior embalagem de materiais.

A Figura 33 mostra imagens etapas da pré-montagem e adestramento do *kit* de PVC da ECIT, 2010,



Figura 33: Imagens da pré-montagem da ECIT– 2010: Fonte: arquivos da DOCM.

Dessa forma a transportabilidade e sua relação com as propriedades executivas, será avaliada por meio da possibilidade do emprego de sistemas construtivos que possam utilizar materiais pré-fabricados, que permitam ser pré-montados, desmontados, e facilmente transportados pelos meios de transporte disponíveis para a Ilha da Trindade.

O Quadro 4 apresenta uma síntese dos resultados da análise das qualidades dos sistemas construtivos em relação às propriedades de pré-fabricação, montagem e desmontagem e sua transportação para Ilha da Trindade.

Quadro 4: Síntese da análise das propriedades construtivas dos materiais empregados nos métodos construtivos investigados.

MÉTODOS CONSTRUTIVOS		ANÁLISE
Paredes de tijolos cerâmicos	pré-fabricação	Não admitem a pré-fabricação, exceção para produção em grandes escalas com uso de equipamentos especiais.
	montagem	Não permitem a pré-montagem (prototipagem). Necessitam de mão de obra numerosa e qualificada.
	desmontagem	Não permitem a desmontagem.
Paredes de blocos de concreto	pré-fabricação	Não admitem a pré-fabricação, exceção para produção em grandes escalas com uso de equipamentos especiais.
	montagem	Não permitem a pré-montagem (prototipagem). Necessitam de mão de obra numerosa e qualificada.
	desmontagem	Não permitem a desmontagem.
Painéis de madeira	pré-fabricação	Admitem a pré-fabricação.
	montagem	Permitem a pré-montagem (prototipagem). Não necessitam de mão de obra especializada e numerosa.
	desmontagem	Permitem a desmontagem.
Concreto -PVC	pré-fabricação	Admitem a pré-fabricação.
	montagem	Permitem a pré-montagem e desmontagem (prototipagem). Não necessitam de mão de obra especializada e numerosa.
	desmontagem	Permitem a desmontagem.

Fonte: sistematizado pelo autor.

4.3.3

Embalagens: resistência e mobilidade

As embalagens também constituem aspecto importante no estudo de avaliação da capacidade de movimentação e transporte de materiais para construção na Ilha da Trindade. Elas têm por objetivo proteger e propiciar melhores e maiores condições de carregamento.

A resistência e mobilidade dos materiais são as qualidades que definirão a necessidade do uso de embalagens durante as operações de transporte.

Dessa forma, a análise qualitativa dos aspectos relacionados à resistência e mobilidade dos materiais consistirá em avaliar os materiais que possuem as melhores condições de transportação sem a necessidade do uso de embalagens e/ou acessórios para sua movimentação e carregamento.

Na ilha da Trindade, durante as operações de transporte, além dos impactos gerados pelos meios de transportes, as cargas estão sujeitas a ações das ondas, ventos, chuvas e demais intempéries provenientes das condições ambientais locais.

Para o transporte do cimento, areia, pedra, saibro e demais materiais agregados são utilizadas embalagens e/ou sacos de impermeáveis. Os tijolos e blocos são carregados em invólucros constituídos de lonas de plásticos reforçados estruturados sobre *pallets* de madeira.

As peças, formas e/ou painéis de PVC ou madeira, devido às suas características e resistência, são carregados em feixes precintados ou individualmente sem embalagens.

Para o transporte de grandes quantidades de materiais são utilizadas redes e ou contentores de rafia denominados comercialmente de *big-bags*.

Outro tipo de contentores utilizados para transporte de pequenas quantidades de materiais são as caixas plásticas com tampa da *marfinite*⁶.

As caixas plásticas com capacidade para transportar aproximadamente 50 kg de materiais servem para carregar bagagens pessoais, gêneros, mantimentos e materiais de construção de pequenas montas, tais como: latas de tintas, ferramentas de pintura, sacos de agregados, fios e cabos *etc.*. Esse tipo de embalagem é utilizado devido à sua resistência e facilidade de movimentação. As caixas da *marfinite* são normalmente utilizadas quando os meios de transporte são as *cabritas* e/ou os botes infláveis (via marítima)

Big bags são contentores de rafia reutilizáveis com capacidade para transportar entre uma e duas toneladas, conforme recomendação do fabricante. Esse tipo de embalagem dispõe de alças que facilitam seu carregamento e são

⁶*marfinite* é a marca registrada de indústria de produtos sintéticos e de transformação de resinas termoplásticas

apropriados para transportar grandes quantidades de sacos de cimento, areia, saibro, tijolos e blocos de concreto.

A utilização de *big bags* tem por finalidade agilizar as operações de transporte de cargas e são utilizadas quando o meio de transporte é o helicóptero (via aérea).

A Figura 34 apresenta imagens da movimentação de caixas da *marfinite* a bordo do navio abastecedor do POIT, 2010.



Figura 34: Imagens das caixas plásticas da *marfinite*. Fonte da imagem: arquivos da DOCM.

O Quadro 5 apresenta a síntese dos resultados da análise das qualidades dos materiais dos respectivos métodos construtivos em relação a necessidade de utilização de embalagens para transporte.

Quadro 5: Síntese da análise da aplicabilidade de embalagens no transbordo dos principais materiais empregados nos sistemas construtivos investigados do navio para a Ilha da Trindade.

MÉTODOS CONSTRUTIVOS	ANÁLISE
Paredes de tijolos cerâmicos	Os tijolos cerâmicos são frágeis, fáceis de serem movimentados e não necessitam de embalagens individuais. Entretanto para o transporte de grandes quantidades é necessário a utilização de invólucros ou embalagens especiais.
Paredes de blocos de concreto	Os blocos de concreto são razoavelmente resistentes, fáceis de serem movimentados e individualmente não necessitam de embalagens. Entretanto para o transporte de grandes quantidades é necessário a utilização de invólucros ou embalagens especiais.
Painéis de madeira pré-fabricados	Os painéis pré-fabricados constituídos de madeira maciça são resistentes e não necessitam de embalagens especiais para sua movimentação e transporte.
Concreto -PVC	Os painéis (formas) de PVC pré-fabricados são resistentes e não necessitam de embalagens especiais para sua movimentação e transporte.

Fonte: sistematizado pelo autor.

4.3.4

Carga de sustentabilidade: prazos e consumos

A construção sustentável é fundamentada em modelos e tecnologias que permitem a construção civil desenvolver e propor soluções econômicas e equilibradas em relação aos impactos causados ao meio ambiente.

“com relação ao impacto ambiental, estando as demais etapas avaliadas e aprovadas, há uma simplificação natural para proceder à avaliação de impacto, considerando que o projeto já foi concebido com os critérios desejáveis para uma “eco arquitetura”. Dessa forma, especificamente em relação aos materiais e processos adotados para a construção da edificação e/ou obra de infraestrutura, espera-se que já tenham sofrido avaliações ao longo do processo, sendo desejável, nesse momento, a elaboração de uma síntese, objetivando a verificação da possibilidade de ampliação da “carga de sustentabilidade” projetada, ALVAREZ (2003).

Diante dessa premissa os impactos causados ao meio ambiente serão analisados por meio do reconhecimento da carga de sustentabilidade aplicada na transportação dos materiais construtivos para produção de edificações na Ilha da Trindade.

Para essa análise não serão considerados valores e numerários. A carga de sustentabilidade será medida por meio da avaliação dos impactos gerados pela

transportação dos materiais. Quanto maior o impacto menor será a carga de sustentabilidade aplicada.

Os aspectos analisados serão os consumos e prazos despendidos durante a operação de transporte dos materiais do navio para POIT.

O fator tempo (prazo) é o aspecto que servirá como principal condição da avaliação da sustentabilidade.

O enfoque é quanto maior o prazo de transporte, maior tempo de permanência e utilização dos meios de transporte, maior os consumos de combustíveis, energia, água e demais recursos naturais disponíveis na Ilha da Trindade, e por consequência maiores as quantidades de impactos causados ao meio ambiente.

A permanência dos navios junto a Ilha da Trindade gera considerável intervenção antrópica ao meio ambiente e ecossistema local.

Na Ilha da Trindade a energia elétrica e a água doce são insumos indispensáveis a subsistência da tripulação POIT. A energia elétrica é produzida por meio de grupo de geradores movidos a óleo diesel. Para seu funcionamento os geradores consomem combustível fóssil (óleo diesel) trazidos pelos navios abastecedores da MB a cada dois meses. A água doce é oriunda de nascentes e fontes naturais (aquíferos) que são alimentados pelas águas pluviais. O POIT possui uma represa, reservatórios, sistema de tratamento e rede de distribuição de água doce suficientes para o abastecimento regular da sua tripulação.

Sobre esse tema, cabe comentar que a MB em parceria com outras instituições de pesquisa tem procurado soluções para mitigar os impactos causados pelo uso de combustíveis fósseis na geração de energia elétrica e pela falta de água doce nos períodos de estiagem.

No ano de 2005 a MB firmou com o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cepel) e a Eletrobrás um protocolo de intenções para o desenvolvimento de projeto de implantação de um sistema híbrido de energia solar e eólica, que irá atender a Ilha da Trindade. Com capacidade para gerar 120 kW, o sistema ainda em estudo reduzirá de 60 mil para 2 mil litros o consumo anual de óleo diesel utilizado na ilha. E no ano 2001, foi firmado um convênio com a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) para recuperação de flora da Ilha da Trindade, que vem sendo fomentada por meio do Museu Nacional (MNRJ) juntamente com a MB.

A fim de possibilitar uma avaliação da carga de sustentabilidade aplicada na transportação de materiais para Ilha da Trindade a Tabela 3 apresenta uma síntese das quantidades de viagens e prazos despendidos pelos meios de transportes disponíveis, para transbordo dos principais materiais construtivos do navio para a Ilha da Trindade.

Tabela 3: Síntese da análise da capacidade de carga dos meios de transporte e prazos de transbordo dos principais materiais empregados nos sistemas construtivos investigados, do navio para Ilha da Trindade.

METODOS CONSTRUTIVOS Carga (t)	MEIOS DE TRANSPORTE capacidade de carga (kg) / tempo de viagem (minutos)	QUANTIDADE DE VIAGENS	PRAZOS DE TRANSPORTE HORAS / DIAS
Paredes de tijolos cerâmicos 45 t	Helicóptero 400 kg / 15 min	113	28h15min 3 dias
	Bote inflável 300 kg / 40 min	150	100h 10 dias
	Cabrita 500 kg / 120 min	90	180h 18 dias
Paredes de blocos de concreto 66 t	Helicóptero 400 kg / 15 min	165	41h15min 5 dias
	Bote inflável 300 kg / 40 min	220	146h40 min 15 dias
	Cabrita 500 kg / 120 min	132	264 h 27 dias
Painéis de madeira 18 t	Helicóptero 400 kg / 15 min	30	7h30 min 1 dia
	Bote Inflável 300 kg / 40 min	60	40 h 4 dias
	Cabrita 500 kg / 120 min	36	72 h 8 dias
Concreto - PVC 34 t	Helicóptero 400 kg / 15 min	57	14h15 min 2 dias
	Bote inflável 300 kg / 40 min	113	75h 33 min 8 dias
	Cabrita 500 kg / 120 min	68	136 14 dias

Considerações:

- o tempo máximo estimado para operações de transporte diurnas é de 10 a 12 horas. Fonte: arquivos da DOCM;
- helicóptero Esquilo versão militar da MB, montados pela Helibras – Helicópteros do Brasil S.A., HB-350 / Aerospatale AS-350 / Eurocopter AS-350 e 355 Fennec (UH 12) Pesos: vazio: 1.045 kg; e máximo na decolagem: 1.950 kg. Tempo fixado por ligação é de 15 minutos. Fontes: Arquivos da DOCM e Aviação Naval Brasileira. Disponível em: [w.ww.helibras.com.br/](http://www.helibras.com.br/);
- barco inflável Zodiac MILPR™ da MB (ComForSup), capacidade de carga 1250Kg ou 10 pessoas Tempo fixado por viagem, ida/volta, 40 minutos. Fontes: arquivos da DOCM e Zodiac. Disponível em: www.zodiacmilpro.com/;
- balsa *cabrita*, construída pelo AMRJ – Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro, capacidade de carga 500kg ou 6 pessoas. Tempo fixado por viagem, ida e volta, 120 minutos. Fonte: arquivos da DOCM;
- segundo MB os navios que servem de apoio para abastecimento do POIT, consomem em média cerca de 13 a 15 toneladas/por dia de óleo combustível. Fonte: www.naviosbrasil.com.br;
- segundo a Helibras, fabricante dos modelos de helicópteros tipo Esquilo (UH12/13) utilizados pela MB, o consumo médio de querosene de aviação é de 120 a 150 litros por hora de voo. Fonte: www.helibras.com.br;
- Yamaha Motores do Brasil, fabricante de motores de popa de 25 HP e 50 HP / 4 tempos, normalmente utilizados na propulsão dos barcos infláveis tipo Zodiac, o consumo médio é de 9 e 18l de gasolina por hora. Fonte: www.boat-fuel-economy.com; e
- para operação do cabrestante de içamento da *cabrita* localizado na rampa do POIT, o equipamento utilizado é um gerador com potência de 75kVA. O consumo médio do gerador é 10 a 17 l de diesel por hora. Fonte: www.cumminspower.com.br.
Fonte: sistematizado pelo autor.

Dando prosseguimento a pesquisa, o Quadro 6 mostra uma síntese da análise dos prazos e consumos gerados pelo transbordo de materiais do navio para Ilha da Trindade.

Quadro 6: Síntese da análise da carga de sustentabilidade (prazos e consumos) aplicada no transbordo de materiais empregados nos sistemas construtivos investigados do navio para a Ilha da Trindade.

MÉTODOS CONSTRUTIVOS	ANÁLISE
Paredes de tijolos cerâmicos	O método construtivo constituído de tijolos cerâmicos demanda elevadas quantidades, carga e variedades de materiais e longo prazo (tempo) para sua transportação. O longo prazo de permanência e operação dos meios de transporte implica em grandes consumos de recursos e impactos ao meio ambiente local.
Paredes de blocos de concreto	O método construtivo constituído de blocos de concreto, a semelhança dos tijolos cerâmicos, demanda elevada quantidades, carga e variedades de materiais e longo prazo (tempo) para sua transportação. O longo prazo de permanência e operação dos meios de transporte implica em grandes consumos de recursos e impactos ao meio ambiente local.
Painéis de madeira pré-fabricados	O método construtivo constituído de painéis de madeira maciça demanda de pouca quantidade de materiais e prazo (tempo) para transportação de materiais. O curto prazo de permanência e operação dos meios de transporte implica e baixos consumos de recursos e impactos ao meio ambiente local.
Concreto - PVC	O método construtivo constituído de formas ou painéis de PVC demanda de razoável quantidade materiais, entretanto, menor massa para carregamento e curto prazo (tempo) para transportação. O curto prazo de permanência e operação dos meios de transporte implica e baixos consumos de recursos e impactos ao meio ambiente local.

Fonte: sintetizado pelo autor.

5

Metodologia de análise proposta

5.1

Avaliação da transportabilidade

A metodologia proposta para avaliação da transportabilidade consiste na atribuição de valores aos resultados das análises quali-quantitativa das características e propriedades dos materiais peculiares aos sistemas construtivos investigados e mostrados nos Quadros 4 a 6 do Capítulo 4.

Dessa forma, o sistema que recebeu o maior valor e/ou conceito final de avaliação é considerado o mais adequado para transporte e utilização na Ilha da trindade.

Na avaliação da transportabilidade mostrada na Tabela 4 mostrada na página 84, os valores dos fatores pesos foram estabelecidos por meio do grau de relevância de cada um dos aspectos técnicos abordados. Para as características e sustentabilidade o valor arbitrado foi dois, e para propriedades e embalagens um. Isso consiste em supor que no estudo da transportabilidade de materiais os pesos atribuídos aos aspectos técnicos não se equivalem, sendo às características dos materiais e a sustentabilidade duas vezes mais importantes que os relacionados às embalagens e propriedades.

Quanto aos valores dos fatores conceitos, os mesmos foram arbitrados por meio da avaliação qualitativa da capacidade da transportabilidade dos materiais, levando-se em consideração a escala: péssimo=1; ruim=2; razoável=3; bom=4; e excelente=5.

Para a avaliação parcial da transportabilidade dos materiais dos métodos construtivos, o critério de avaliação arbitrado foi estabelecido de acordo com duas classificações distintas, sendo: para características e sustentabilidade 0 a 2 ruim; 3 a 5 razoável; 6 a 8 bom; 9 a 10 excelente; e para propriedades e embalagens 1 a 2 ruim; 3 razoável; 4 bom e 5 excelente.

Sendo os valores da avaliação parcial $A.P$ obtidos por meio dos produtos resultantes da multiplicação dos fatores pesos pelos conceitos, onde:

$$A.P = p.x \quad (5.1)$$

$A.P$ = avaliação parcial;

p = peso;

x = conceito.

E para a avaliação final da adequação dos sistemas construtivos a transportabilidade de seus materiais à logística de transporte para Ilha da Trindade, o critério estabelecido foi: 0 a 9, inadequado; 10 a 19, parcialmente adequado; e 20 a 30, adequado

Sendo os valores de avaliações finais $A.F$ obtidos por meio das somas das parcelas das avaliações parciais, onde:

$$A.F = \sum A.P \quad (5.2)$$

AF = avaliação final;

Σ = somatório;

AP = avaliação parcial;

A Tabela 4 apresenta a avaliação da transportabilidade dos materiais e sistemas construtivos em relação à logística de transporte para Ilha da Trindade.

Tabela 4: Síntese da avaliação da transportabilidade e adequação dos materiais e sistemas construtivos em relação a logística de transporte para Ilha da Trindade.

AVALIAÇÃO DA TRANSPORTABILIDADE

METODOS CONSTRUTIVOS	TIJOLOS CERÂMICOS			BLOCOS DE CONCRETO			PAINÉIS DE MADEIRA			CONCRETO - PVC		
	PESO	CONCEITO	AValiação	PESO	CONCEITO	AValiação	PESO	CONCEITO	AValiação	PESO	CONCEITO	AValiação
CARACTERÍSTICAS: pesos e medidas.	2	2	4	2	1	2	2	3	6	2	4	8
PROPRIEDADES: pré-fabricação, montagem e desmontagem	1	1	1	1	1	1	1	4	4	1	5	5
EMBALAGENS: resistência e mobilidade	1	2	2	1	2	2	1	4	4	1	4	4
SUSTENTABILIDADE: prazos e consumos	2	1	2	2	1	2	2	4	8	2	4	8
AValiação FINAL	9			7			22			25		
ADEQUAÇÃO	INADEQUADO			INADEQUADO			ADEQUADO			ADEQUADO		

OBSERVAÇÕES:

1. fator peso arbitrado: irrelevante = 1; e relevante = 2;
2. fator conceito arbitrado: péssimo = 1; ruim = 2; razoável = 3; bom = 4; e excelente = 5;
3. critério de avaliação parcial da transportabilidade: características e sustentabilidade: 0 a 2 ruim; 3 a 5 razoável; 6 a 8 bom; 9 a 10 excelente; e propriedades e embalagens – 1 a 2 ruim; 3 razoável; 4 bom e 5 excelente; e
4. critério de avaliação final da adequação: 0 a 9, inadequado; 10 a 19, parcialmente adequado; e 20 a 30, adequado.

Fonte: sintetizado pelo autor.

O gráfico da Figura 35 mostra uma síntese dos valores de avaliação resultantes das análises da transportabilidade parcial e final acumulada dos principais materiais e sistemas construtivos investigados em relação a logística de transporte para Ilha da Trindade.

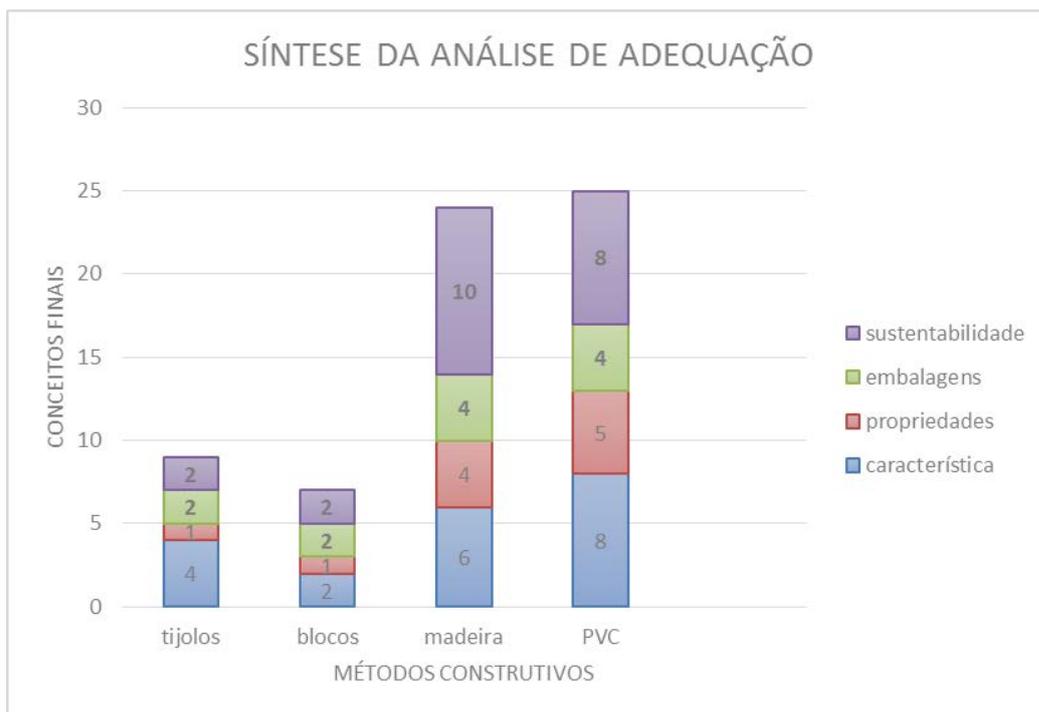


Figura 35: Gráfico mostrando os valores resultantes das avaliações das análises de transportabilidade parcial e final acumulados. Fonte: autor.

5.2

Análise estatística dos resultados

5.2.1

Média, desvio padrão e coeficiente de variação

A avaliação estatística permite verificar se os valores arbitrados pelo autor estão coerentes com as análises dos aspectos técnicos investigados.

Com o objetivo de verificar a coerência dos valores arbitrados, os gráficos das Figuras 36 a 40 mostram os valores de avaliação parcial e final da transportabilidade dos métodos construtivos em relação aos aspectos técnicos abordados no tema.

Para obtenção dos resultados pretendidos serão utilizados os parâmetros estatísticos: média aritmética simples; desvio padrão e coeficiente de variação, dos conceitos atribuídos na avaliação, calculados por meio das seguintes expressões:

Média

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (5.3)$$

Desvio padrão

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (5.4)$$

Coefficiente de variação

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \quad (5.5)$$

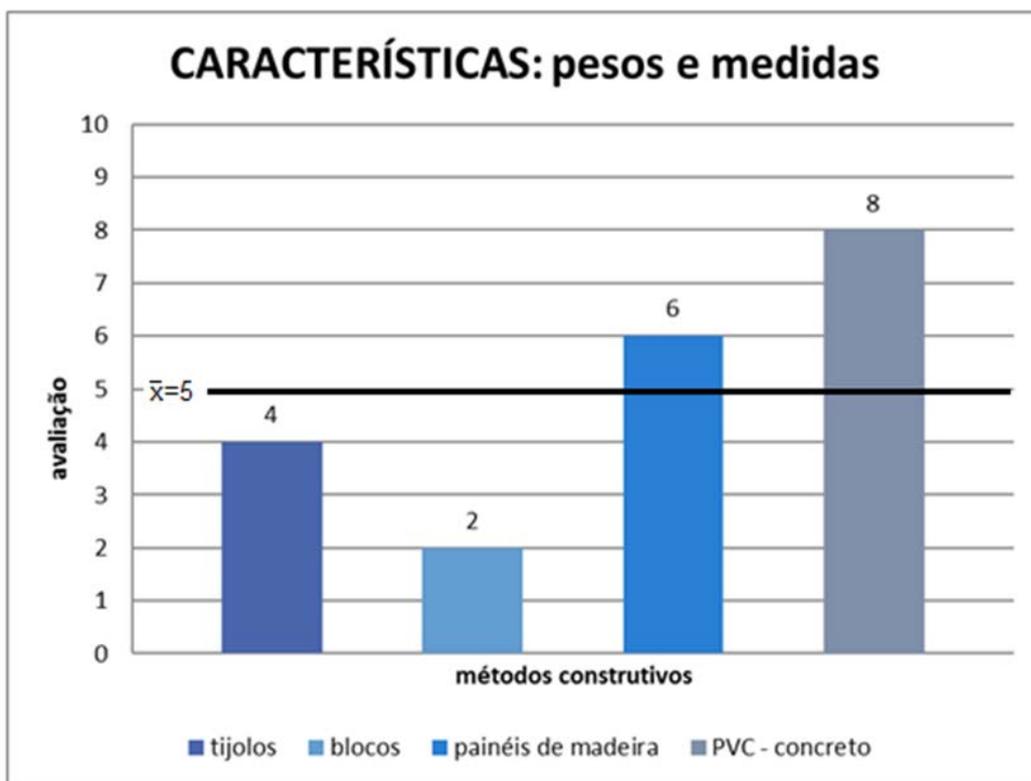


Figura 36: Gráfico da avaliação da transportabilidade dos métodos construtivos em relação as características dos seus materiais constituintes. Fonte: autor.

Resultados.

- Utilizando-se as expressões 5.3, 5.4 e 5.5, obtém-se: média aritmética $\bar{x} = 5$; desvio padrão $s = 2,58$; coeficiente de variação $CV = 51,63 \%$.

- O valor atribuído para o sistema construtivo que utiliza paredes constituídas de blocos de concreto está fora do desvio padrão da média apurada, entretanto, os demais estão dentro do parâmetro obtido.
- As variações dos valores arbitrados justificam-se em razão das diferenças das características (pesos e medidas) entre materiais peculiares a cada um dos métodos construtivos investigados, principalmente com relação aos que utiliza blocos de concreto e tijolos cerâmicos, constituído de materiais que geram grandes quantidades, volumes e massas a serem transportados.
- Os valores estatísticos obtidos permitem reafirmar que os sistemas construtivos constituídos de tijolos cerâmicos e blocos de concreto não são adequados para transportação e utilização na Ilha da Trindade.
- Esse mesmo gráfico mostra que o sistema que utilizam painéis de madeira e PVC são adequados, entretanto, com relação aos aspectos técnicos relacionados aos pesos e medidas, o sistema concreto - PVC apresenta condições de transportabilidade 33% superior aos sistemas que utilizam painéis de madeira, 300% superior aos blocos de concreto e 50% superior aos tijolos cerâmicos.

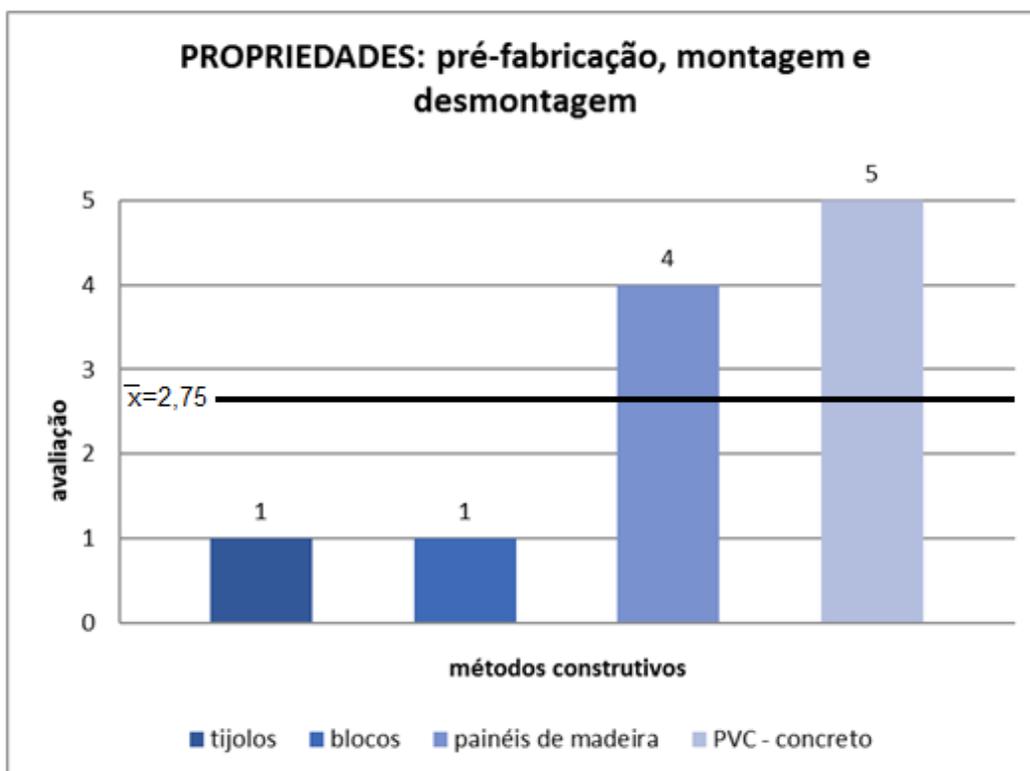


Figura 37: Gráfico da avaliação da transportabilidade dos métodos construtivos em relação as propriedades dos seus materiais constituintes. Fonte: autor.

Resultados.

- Utilizando-se as expressões 5.3, 5.4 e 5.5, foram obtidos os valores: média aritmética $\bar{x}=2,75$; desvio padrão $S =2,06$; coeficiente de variação $CV = 74,96\%$.
- Os valores atribuídos para o sistema concreto – PVC está fora do desvio padrão da média apurada para avaliação dos sistemas construtivos investigados, entretanto, os demais estão dentro do parâmetro obtido.
- As variações dos valores arbitrados justificam-se em razão das diferenças das características peculiares a cada um dos métodos construtivos investigados, principalmente pelo fato de que as paredes constituídas de tijolos e blocos de concreto não permitirem sua pré-fabricação, montagem e desmontagem.
- Os valores estatísticos obtidos permitem reafirmar que os métodos construtivos constituídos de tijolos cerâmicos e blocos de concreto se equivalem e ambos são inadequados para transportação e utilização na Ilha da Trindade.
- Esse mesmo gráfico mostra que os painéis de madeira pré-fabricados e PVC são adequados, entretanto, devido a facilidade e rapidez de montagem e desmontagem de seus componentes, o sistema construtivo concreto – PVC apresenta condições de transportabilidade 25% superior aos que utilizam painéis de madeira e 400% superior aos blocos de concreto e tijolos cerâmicos.

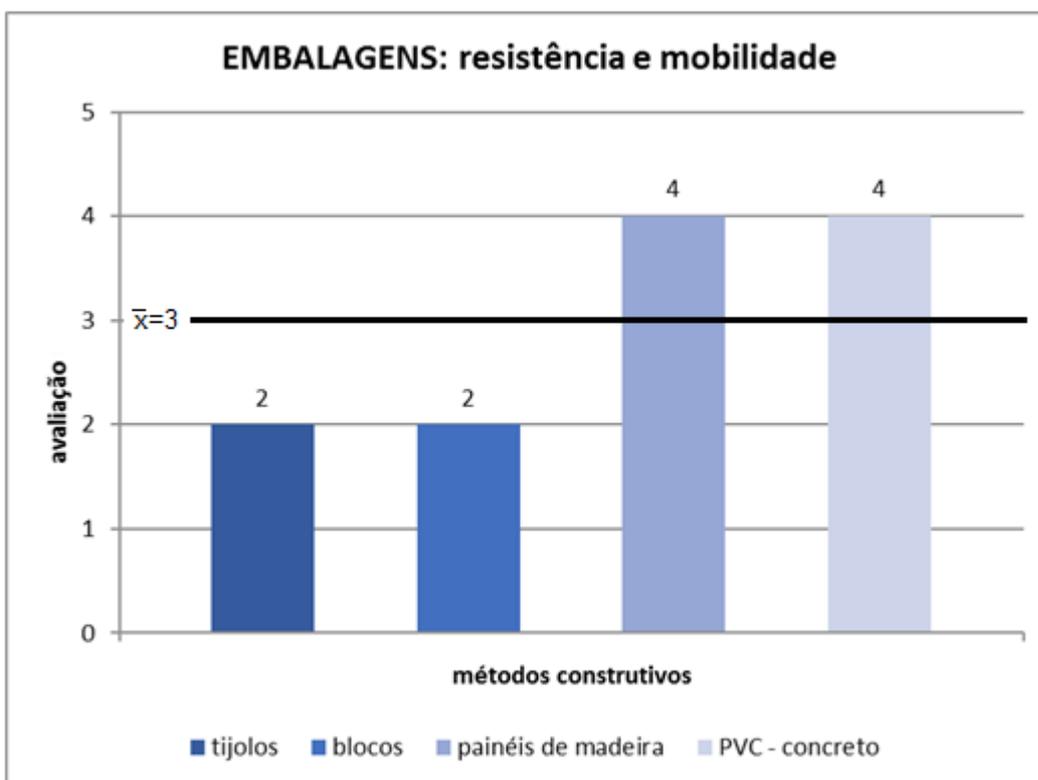


Figura 38: Gráfico da avaliação da transportabilidade dos métodos construtivos em relação as embalagens dos seus materiais constituintes. Fonte: autor.

Resultados.

- Utilizando-se as expressões 5.3, 5.4 e 5.5, foram obtidos os valores: média aritmética = 3; desvio padrão $S = 1,15$; coeficiente de variação $CV = 38,49\%$.
- Os valores atribuídos a condições de embalagens dos materiais estão dentro do desvio padrão da média apurada para avaliação dos sistemas construtivos investigados.
- As variações dos valores arbitrados justificam-se em razão das diferenças entre as resistência e mobilidade dos materiais peculiares a cada um dos métodos construtivos.
- Os painéis de madeira e PVC são resistentes e não necessitam de embalagens especiais para seu carregamento, enquanto os blocos de concreto e tijolos cerâmicos são relativamente frágeis e necessitam de embalagens especiais para o transporte de grandes quantidades de materiais.

- Os valores estatísticos obtidos permitem reafirmar que os métodos construtivos constituídos de tijolos cerâmicos e blocos de concreto se equivalem e ambos são inadequados para logística de transporte e utilização na Ilha da Trindade.
- Esse mesmo gráfico mostra que os métodos construtivos constituídos de painéis de madeira e PVC se equivalem, e com relação aos aspectos técnicos relacionados a resistência e mobilidade, ambos são adequados a logística de transporte para construção na Ilha da Trindade, e são 100% superiores aos que utilizam blocos de concreto e tijolos cerâmicos.

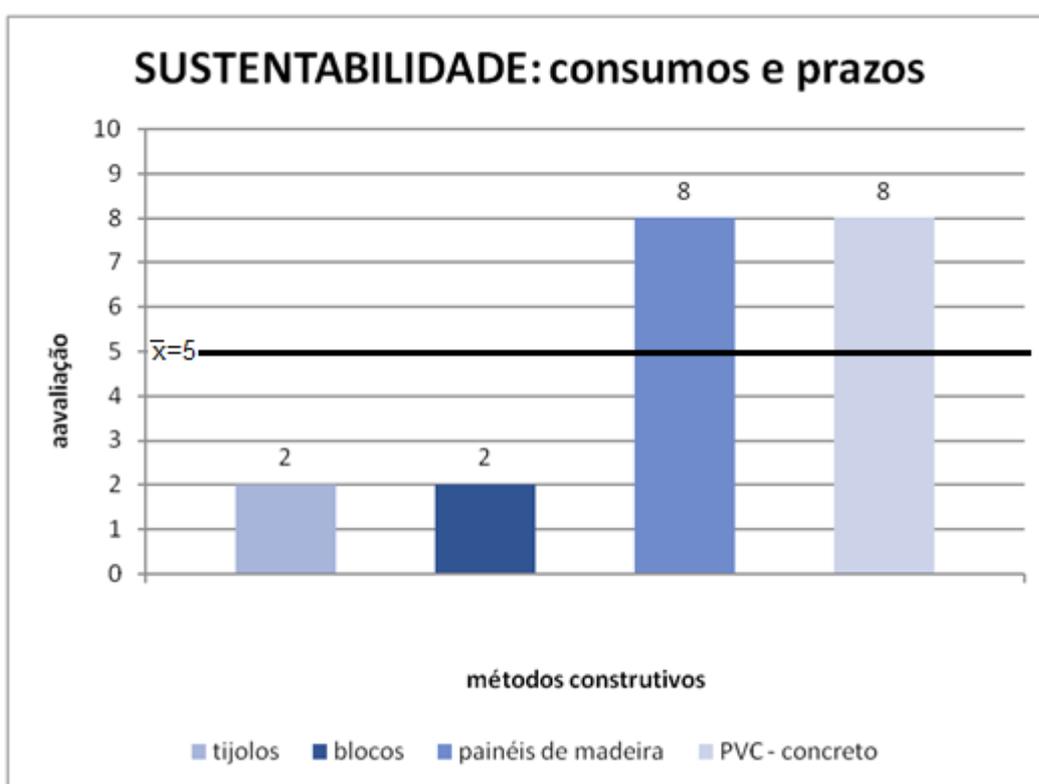


Figura 39: Gráfico da avaliação da transportabilidade dos métodos construtivos em relação aspectos relacionados a carga de sustentabilidade aplicada na transportaçã dos seus materiais constituintes. Fonte: autor.

Resultados.

- Utilizando-se as expressões 5.3, 5.4 e 5.5, foram obtidos os valores: média aritmética = 5; desvio padrão $S = 3,46$; e coeficiente de variação $CV = 69,28\%$.

- Os valores atribuídos a carga de sustentabilidade aplicada na transportação dos materiais estão dentro do desvio padrão da média apurada para avaliação dos sistemas construtivos investigados.
- As variações dos valores arbitrados justificam-se em razão das diferenças entre os consumos e prazos dispendidos para transportação dos materiais peculiares a cada um dos métodos construtivos.
- Os painéis de madeira e PVC são mais fáceis e rápidos de serem transportados, enquanto que os blocos de concreto, tijolos cerâmicos e demais agregados são difíceis e demandam muito tempo para serem transportados.
- Os valores estatísticos obtidos permitem reafirmar que os métodos construtivos constituídos de tijolos cerâmicos e blocos de concreto se equivalem e ambos são inadequados para transportação e utilização na Ilha da Trindade.
- Esse mesmo gráfico mostra que os sistemas construtivos constituídos de painéis de madeira e PVC se equivalem, e com relação aos aspectos técnicos relacionados a carga de sustentabilidade (consumos e prazos) aliada ao transporte, ambos são adequados para transportação dos seus materiais para construção e utilização na Ilha da Trindade, e são 300% superiores aos que utilizam blocos de concreto e tijolos cerâmicos.

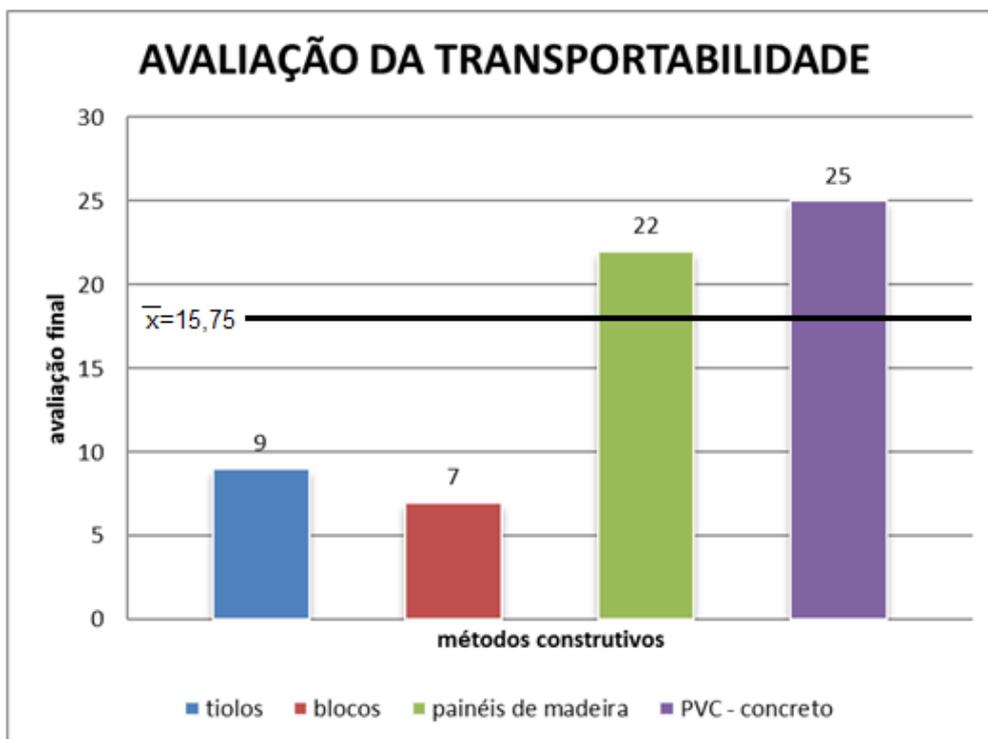


Figura 40: Gráfico da avaliação final da transportabilidade dos materiais peculiares aos métodos construtivos investigados. Fonte: autor.

Resultados.

- Utilizando-se as expressões 5.3, 5.4 e 5.5, foram obtidos os valores: média aritmética = 15,75; desvio padrão $S = 9,07$; e coeficiente de variação $CV = 57,58\%$.
- A análise do gráfico da Figura 40 e dos parâmetros obtidos, permitem que sejam confirmados que os valores de avaliação dos materiais peculiares ao sistema concreto - PVC e demais sistemas estão dentro do desvio padrão da média aritmética calculados. Isto significa que os conceitos e valores atribuídos estão coerentes com os resultados das análises das características, propriedades e aspectos técnicos dos materiais e sistemas construtivos investigados.
- As grandes variações dos valores arbitrados são decorrentes das diferenças entre as condições de transportabilidade dos materiais peculiares de cada um dos sistemas investigados.
- As principais diferenças estão relacionadas a grandeza de massa e as propriedades dos materiais. Principalmente no que se refere a

possibilidade de utilização de materiais e sistemas construtivos pré-fabricados passíveis de serem montados e desmontados.

- Os painéis de PVC são mais leves, fáceis e rápidos de serem pré-montados, desmontados e transportados do que os painéis de madeira maciça.
- As paredes constituídas de blocos de concreto e tijolos apresentam valores de massa elevados e em pequena escala não podem ser pré-fabricadas, montadas e desmontadas.
- Os métodos construtivos constituídos de tijolos cerâmicos e blocos de concreto são inadequados para transporte e utilização na Ilha da Trindade.
- O sistema construtivo concreto – PVC apresenta condições de transportabilidade 14% superior ao que utiliza painéis de madeira, 177% superior aos tijolos cerâmicos e 257% superior aos blocos de concreto.

5.2.2

Coeficiente de determinação R^2

Com a finalidade de verificar a conformidade dos valores atribuídos pelo autor, os gráficos das Figuras 41 a 45 mostram razão entre os valores de avaliação dos métodos construtivos que utilizam tijolos, blocos madeira em relação ao que usa o concreto – PVC. Os mesmos Gráficos, apresentam as linhas de ajuste, as equações das retas e os coeficientes de determinação R^2 .

Outrossim, a razão entre parâmetros permite reconhecer, em valores percentuais (%), o quanto os valores atribuídos aos sistemas que utilizam tijolos, blocos e painéis de madeira foram avaliados em comparação com o que utilizam formas de PVC.

A razão entre parâmetros foi obtida por meio da expressão:

$$\varphi = \frac{\delta_{tij}}{\delta_{pvc}} \frac{\delta_{bloc}}{\delta_{pvc}} \frac{\delta_{mad}}{\delta_{pvc}} \quad (6.1)$$

onde

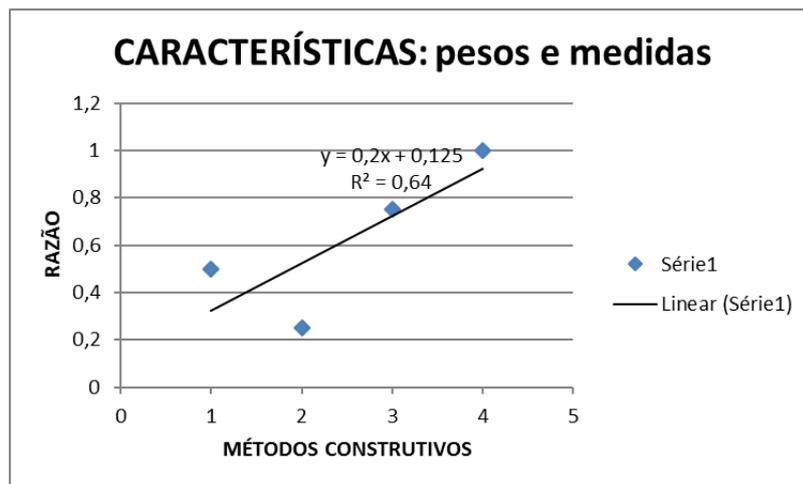
φ = razão entre parâmetros

δ_{tij} = valor do conceito atribuído aos tijolos cerâmico;

δ_{bloc} = valor do conceito atribuído aos blocos de concreto;

δ_{mad} = valor do conceito atribuído aos painéis de madeira;

δ_{pvc} = valor do conceito atribuído ao PVC.



CARACTERÍSTICAS: pesos e medidas			
Sistemas construtivos	φ	%	R^2
tijolos	0,5	50	0,64
blocos	0,25	25	
madeira	0,75	75	

Figura 41: Linha de ajuste e razão (características dos materiais). Fonte: autor.

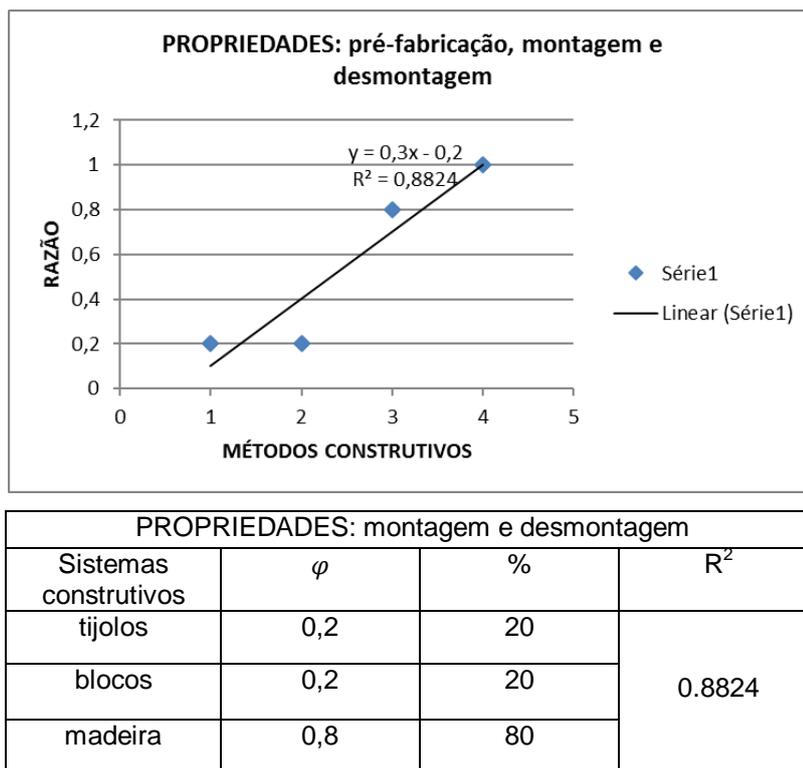


Figura 42: Linha de ajuste e razão (propriedades dos materiais). Fonte: autor.

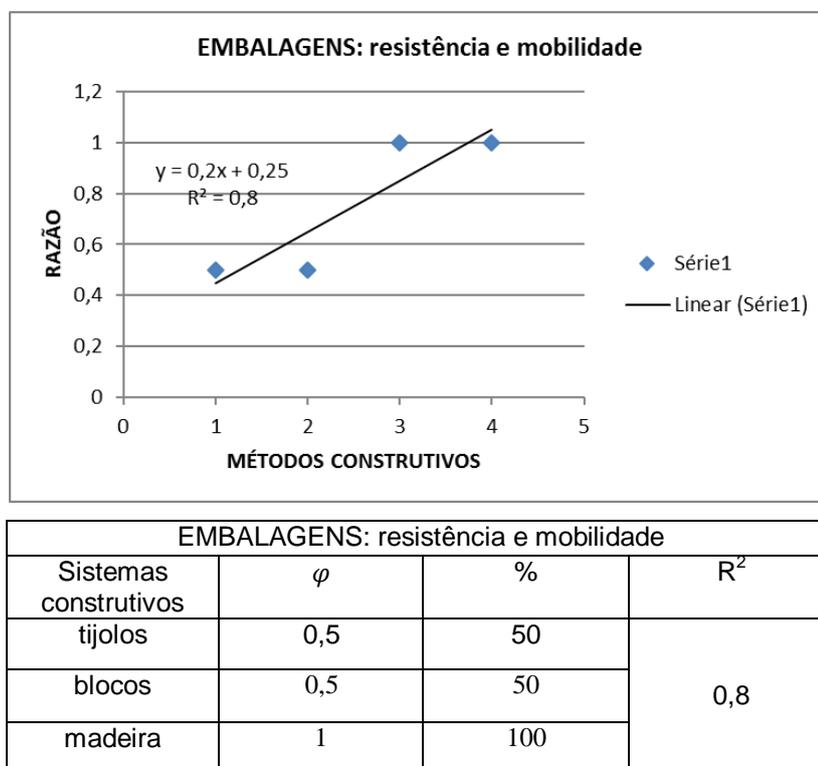
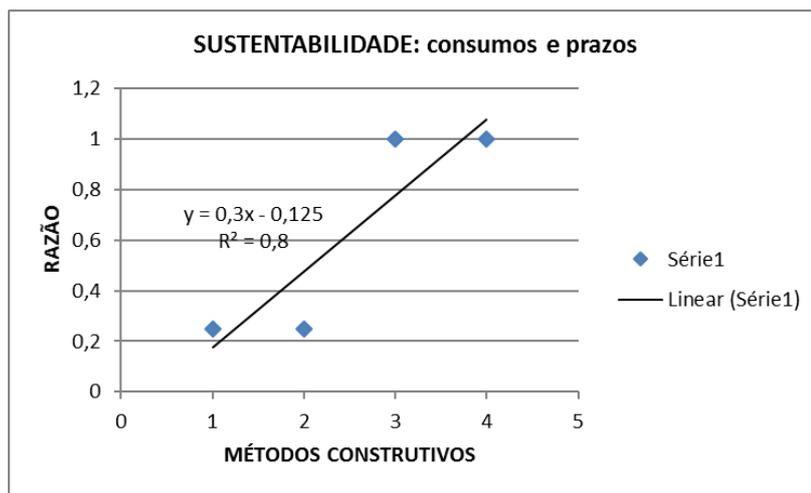
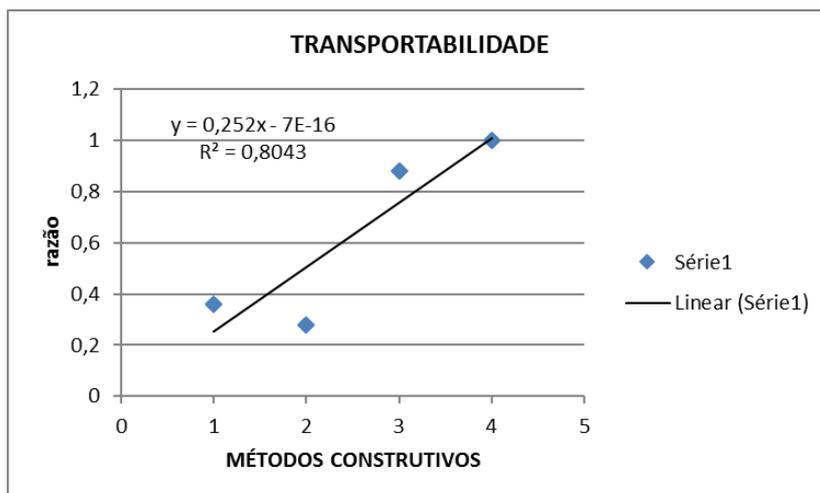


Figura 43: Linha de ajuste e razão (embalagens dos materiais). Fonte: autor.



SUSTENTABILIDADE: consumos e prazos			
Sistemas construtivos	φ	%	R^2
tijolos	0,25	25	0,8
blocos	0,25	25	
madeira	1	100	

Figura 44: Linha de ajuste e razão (cargas de sustentabilidade dos materiais). Fonte: autor.



TRANSPORTABILIDADE			
Sistemas construtivos	φ	%	R^2
tijolos	0,36	36	0,8043
blocos	0,28	28	
madeira	0,88	88	

Figura 45: Linha de ajuste e razão (transportabilidade dos materiais). Fonte: autor.

Resultados.

- Os coeficientes de determinação R^2 confirmam que os valores arbitrados para conceitos e avaliações estão ajustados e em conformidade com os resultados das análises de transportabilidade dos materiais e respectivos sistemas construtivos investigados.
- Os valores de φ mostram que sistemas que utilizam tijolos, blocos e painéis de madeira possuem características e propriedades inferiores aos que utilizam formas de PVC, exceção a madeira que com relação as propriedades relacionadas a embalagens e prazos de transporte se equivalem.

Conclusões e sugestões para trabalhos futuros

A Ilha da Trindade possui condicionantes que tornam as atividades de construção diferentes das situações normalmente encontradas no continente e/ou em outras ilhas oceânicas, principalmente no que tange a logística de transporte e as dificuldades de acesso.

O transporte de materiais e pessoal do continente até a ilha só é possível via marítima mediante a utilização de navios de grande porte, e do navio para ilha por meio de pequenas embarcações e/ou helicóptero.

Para reconhecer qual é a metodologia de construção mais adequada Ilha da trindade é importante investigar, avaliar e comparar as principais características e propriedades associadas a transportabilidade dos materiais. Nesta dissertação a transportabilidade é definida como a capacidade de um produto ou material ser transportado, por meio de um modal, do navio para Ilha da Trindade.

Com esse propósito foram analisadas a transportabilidade de materiais e sistemas construtivos em relação à logística de transporte de materiais para construções na Ilha da Trindade, com enfoque nas características ecológicas e de sustentabilidade dos materiais peculiares ao sistema construtivo concreto – PVC, nunca antes utilizado em construções de edificações em ilhas oceânicas brasileiras.

As análises de transportabilidade dos materiais empregados nos sistemas construtivos investigados mostraram que:

- sistemas construtivos constituídos de alvenarias empregam grandes variedades e quantidades de materiais (tijolos cerâmicos ou blocos de concreto, cimento, areia, saibro, pedra *etc.*), com altos valores de massa específica (kg/m^3) e elevadas grandezas de massa por unidade de área (kg/m^2). As paredes de alvenarias não permitem a pré-montagem e desmontagem. Para serem transportados, os tijolos, blocos, cimentos, pedras e demais agregados, necessitam de embalagens e demandam de longo prazo de transporte do navio para Ilha da Trindade;

- sistemas construtivos constituídos de PVC utilizam grandes quantidades e variedades de formas, individualmente são leves e fáceis de serem movimentadas e transportadas. Os que empregam madeira maciça utilizam pequenas quantidades de painéis, individualmente são mais pesados e difíceis de serem transportados. As formas de PVC necessitam serem estruturadas e os painéis de madeira não, entretanto, nas áreas molhadas (cozinhas e banheiros) a madeira deve ser substituída por alvenaria. Sendo assim, ambos os sistemas construtivos necessitam de empregar razoável quantidades de cimento, areia, tijolos *etc.*. Tanto os painéis de madeira como os de PVC são compostos por elementos pré-fabricados resistentes que permitem serem pré-montados, desmontados e transportados sem a necessidade de utilização de embalagens especiais, e demandam de curto prazo para transporte do navio para Ilha da Trindade;
- as principais diferenças entre os resultados de avaliação da transportabilidade estão relacionadas as grandezas de massas e volumes dos materiais. Comparando a massa e as condições de transportabilidade dos materiais empregados nas tecnologias construtivas que utilizam painéis de madeira e PVC, chega-se a conclusão que os painéis de PVC são mais leves, fáceis e rápidos de serem transportados do que os constituídos de madeira maciça.

Para reconhecer qual o sistema construtivo é o mais adequado, a metodologia proposta pelo autor consistiu em atribuir conceitos e valores aos resultados das análises de transportabilidade dos materiais. O sistema que recebeu o maior valor e/ou nota final de avaliação é considerado o mais adequado para transporte e utilização na Ilha da Trindade.

Dessa forma, os valores de avaliação final mostram que o sistema que utiliza painéis de PVC é o mais adequado à logística de transporte de materiais de construção para produção de edificações na Ilha da Trindade

Para confirmação dos resultados, o autor sugere uma avaliação estatística dos valores e notas por ele arbitrado. Os parâmetros estatísticos obtidos, mostram que notas aplicadas estão justas e em conformidade com as conclusões das análises da transportabilidade dos materiais.

Outrossim, a pesquisa mostra que o PVC é matéria prima aliada aos conceitos de sustentabilidade e seu emprego foi o principal diferencial na

avaliação da razão transporte/benefício para utilização em construções na Ilha da Trindade.

Cabe comentar, que em decorrência das pesquisas realizadas, o sistema que utiliza formas de PVC foi recentemente investigado como alternativa de partido construtivo para emprego na construção das novas edificações da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF), base antártica brasileira localizada Ilha do Rei George, a 130 quilômetros da Península Antártica, na baía do Almirantado, na Antártida, totalmente destruída por incêndio ocorrido no ano de 2012.

A presente dissertação limitou-se a pesquisar o sistema concreto – PVC e demais metodologias construtivas já empregadas em construções na Ilha da Trindade, entretanto, novas tecnologias são disponibilizadas a cada dia.

Sistemas de construção que utilizam *stell frame*, *wood frame* e *containers*, entre outros, são exemplos de novas alternativas de tecnologias construtivas já inseridas e disponíveis no mercado da construção civil.

A busca e investigação de novas tecnologias construtivas que sejam apropriadas à logística de transporte de materiais para construção em ilhas oceânicas, áreas com restrições de acesso e/ou locais assolados catástrofes naturais, que necessitem de abrigo imediato, temporário ou permanente, é tema relevante que deve ser com frequência pesquisado e atualizado.

Como produto final, embora não única, foi delineada a proposta de metodologia apresentada, que pode servir de consulta ou referência a profissionais e/ou empresas do ramo, de forma a contribuir para futuras investigações e pesquisas relacionadas ao tema abordado, ou a permitir novos questionamentos.

Referências bibliográficas

ALVAREZ, C.E. de. Arquitetura na Antártica: ênfase nas edificações brasileiras em madeira. 1996. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Arquitetura) – Programa de Pós - Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

———. Metodologia para Construção em Áreas de difícil acesso e de Interesse Ambiental – aplicabilidade na Antártica e nas ilhas oceânicas brasileiras. 1v.il. 186p. Tese de Doutorado – Faculdade de Arquitetura, Universidade de São Paulo, 2003.

ARAÚJO, M.A. Artigo - Moderna Construção Sustentável Artigo. Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica (IDHE). Disponível em: www.idhea.com.br/construcao_sustentavel.asp

ARNAL, I.P. Generación S-una nueva generacion de materiales sostenibles. InEco Productos en la Arquitectura e el diseño , de Ignasi Perez Arnal, García Justo Navarro e Chris Lefteri, 32. Barcelona, Catalunha: Ed Ignase Perez Arnal, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.575: Edificações habitacionais – Desempenho: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento: Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120: Cargas para o Cálculo de estruturas de edificações: Rio de Janeiro: ABNT, 1980.

BALLOU, R.H. Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física. 1.ed. 11. tir. São Paulo: Atlas, 1993. 388 p.

———. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos Tradução Elias Pereira. 4. ed. São Paulo: Bookman, 1999. 532 título original: Business logistics management, 4/E.

BRASIL, Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Habitação – SNH. Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat - PBQP-H. Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de produtos inovadores – SINAT. Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos – DIRETRIZ SINAT Nº 004 - Sistemas construtivos formados por paredes estruturais constituídas de painéis de PVC preenchidos com. Brasília. 2010.

BRASIL, Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos Lei Nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Brasília, 1993 Disponível em: [h/www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18666cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18666cons.htm).

BRASIL, Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos Lei Nº 8.617, de 4 de janeiro de 1993. Dispõe sobre o mar territorial, a zona contígua, a zona econômica exclusiva e a plataforma continental brasileiros, e dá outras providências. Brasília, 1993. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18617.htm.

BRASIL. Ministério da Defesa, Comando da Marinha do Brasil. Centro de Hidrografia da Marinha (CHM) – Carta Náutica Nº 21 – Ilha da Trindade, Brasil.

BRASIL. Ministério da Defesa, Comando da Marinha do Brasil. Comando do Primeiro Distrito Naval – Com1DN. Posto Oceanográfico da Ilha da Trindade (POIT): Disponível em: <https://www.com1dn.mar.mil.br/Acesso> em: 31 março 2014.

BRASIL. Ministério da Defesa, Comando da Marinha do Brasil. Comissão Interministerial para Recursos do Mar – CIRM. Programa de Pesquisas Científicas da Ilha da Trindade – PROTRINDADE. Estação Científica da Ilha da Trindade – ECIT. Construção 2011. Disponível em: <https://www.mar.mil.br/secirm/p-trindade.html>. Acesso em: 31 março 2014.

BRASIL. Ministério da Defesa, Comando da Marinha do Brasil. Diretoria de Obras Civas da Marinha (DOCM) – Departamento de Obras – Construção da Estação Científica da Ilha da Trindade (ECIT), Relatórios da fiscalização (documentos internos), 2011.

BRASIL. Ministério da Defesa, Comando da Marinha do Brasil. Diretoria de Obras Civas da Marinha (DOCM) – Departamento de Projetos – Caderno de Encargos Nº PE.1.81003.P30.CEO.001.09 - Contratação do fornecimento, embalagem e transporte de materiais de construção civil, e prestação do serviço de adestramento e qualificação pessoal, necessários para construção da Estação Científica da Ilha da Trindade (ECIT), no Posto Oceanográfico da Ilha da Trindade (POIT). 18 p, 9 anexos. 2009.

BRASKEM. Sistema construtivo concreto PVC. Disponível em: www.concretopvc.com.br/upload/sites_braskem/pt/concreto_pvc/publicacoes/suplemento29_07_final.pdf

BRUNDLAND, G.H. Nosso futuro comum. Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. 2 ed. Rio de Janeiro. Fundação Getúlio Vargas. 1991. 430p.

CARVALHO, R.G. A Amazônia Azul. Defesa Net, 04 Março 2004. Disponível em: www.defesanet.com.br.

CHRISTOPHER, M.A. Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégias para a redução de custos e melhoria dos serviços. Tradução por Francisco Roque Monteiro Leite. São Paulo: 137. Pioneira Thompson Learning, 2001. 240 título original: Logistics and supply chain management, 1997.

———. Logística do marketing: otimizando processos para aproximar fornecedores e clientes. Tradução por Nota Assessoria. São Paulo: Futura, 2002. 220 p. título original: Logistics marketing, 1999. 398, 1985

CONCRETESHOW. Seminários. Concreto PVC – A utilização do sistema Royal para construção de casas populares. FERRARI, T.S – Royal do Brasil Technologies. São Paulo. 2011. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/>.

CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO DA LOGÍSTICA – Council of Logistics Management. Disponível em: www.cscmp.org/about-us/mission-goals

CONSELHO INTERNACIONAL PARA PESQUISA E INOVAÇÃO EM CONSTRUÇÃO (CIB). Disponível em: www.cibworld.nl/site/home/index.html.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA -Resolução Nº307, de 5 de julho de 2002: Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307

CORRÊA, L.R. Sustentabilidade na Construção Civil - 1v. 64p. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG. Belo Horizonte, 2009.

DASKIN, M.S. Logistic: An Overview of the State of the Art and Perspectives on Disponível em: www.especializacaocivil.demc.ufmg.br/trabalhos. Acesso em: 14 agosto 2014.

DONADELLO, A.L.F.; BISSOLI-DALVI, M.; FERRES, S.C.; NICO - RODRIGUES, E.A.; ALVAREZ, C.E. Encontro Latino Americano de Edificações e Comunidades Sustentáveis - ELECS 2013. Art. Sustentabilidade na Eficiência da Estação Científica Ilha da Trindade. Curitiba – PR. 2013. Disponível em: www.lppufes.org/publicações/artigos. Acesso em: 8 abril 2014.

ELETROBRÁS – CEPEL. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Estudo de Viabilidade Técnica para Implantação de um Sistema Híbrido com Fontes Renováveis e Geração Diesel na Ilha da Trindade: Disponível: www.cepel.br/

EUROGRIP, Embalagens Logísticas – Big bag Contentor Flexível: Disponível em: www.eurogrip.pt/.

FERREIRA, A.B.H. Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa. 5ª ed.. Brasil: Positivo, 2010.

GIL, A.C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. Edição. São Paulo: Atlas, 2002.

GLOBAL HOUSING INTERNACIONAL – Sistema concreto PVC. Disponível em: <http://www.globalhousing.com.br/>. Acesso em: 31 de março 2014.

HELIBRÁS. Empresa da Airbus Helicopters. Helicópteros Militar. Disponível: www.helibras.com.br/

INSTITUTO DO PVC. Entidade de gestão associativa dos segmentos da cadeia produtiva do PVC. Av. Chedid Jafet, 222 - Bloco C - 4º andar - Vila Olímpia -- São Paulo – SP. Disponível: www.institutodopvc.org/

MACEDO, F.H.T.M.B. A expressividade dos ecomateriais. Artigo para Doutorado – Faculdade de Arquitectura, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal, 2011. Disponível em: www.academia.edu/467634/A_expressividade_dos_eco_materiais

MARFINITE, Avant Indústria e Comércio de Produtos Sintéticos Eireli – Caixas Plásticas. Disponível: <http://www.marfinite.com.br/>.

MOHR, L.V.; CASTRO, J.W.A.; COSTA, P.M.S. IV; ALVES, Ruy José Válka; Ilhas Oceânicas brasileiras da pesquisa ao manejo – volume II. Brasília: MMA/Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), 2009. v. 2 502 p.: Disponível: www.icmbio.gov.br/portal/

OCTAVIANO MARTINS, E.M. Curso de Direito Marítimo, v. 1.2ª. ed. Barueri: Manole, 2005.

PBQR-H - Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat. Conteúdo: apresentação do PBQP-H, projetos, programas estaduais, destaques, CTECH, entidades participantes, ações em parceria, links, mapa do site. Disponível em: www.pbqp-h.gov.br/index.htm. Acesso em: 26 mar. 2003.

PROTRINDADE, Programa de pesquisas científicas na Ilha da Trindade. Marinha do Brasil (MB). Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar. Disponível em: www.mar.mil.br/secirm/protrindade.html

RODOLFO, A. Jr.; NUNES, L.R.; ORMANJI, W. Tecnologia do PVC. 2ª edição, Revista e ampliada. Proeditores Associados Ltda. / Braskem. 2006

ROYAL DO BRASIL TECHNOLOGIES S.A. - Royal Building Systems - Finished Concrete Forms. O futuro é PVC! Disponível em: www.royalbrasil.com.br/. Acesso em: 31 março 2014.

SCHIMIDT, V.L. Paredes estruturadas constituídas de painéis de PVC preenchidos com concreto: análise das potencialidades do sistema. Porto Alegre, 201. 90 p. Trabalho de Graduação. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Disponível em: www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/79788/000897536.pdf?sequence=1.

TCPO 13 - Tabela de Composição de Preços para Orçamentos, Engenharia Civil, Construções e Arquitetura – 13. Ed. - São Paulo: Pini 2010.

TORRES, L.C.; FERREIRA, H.S. Amazônia Azul: a fronteira brasileira no mar. Revista Passadiço; Centro de adestramento Almirante Marques de Leão – CAAML, 2005, p. 3-5. Disponível em: www.oab.org.br/editora/revista/Revista_06/.

VIEIRA, H.F. Logística Aplicada à Construção Civil – como melhorar o fluxo de produção na obra – 1.ed. - São Paulo: Pini, 2006.

WOELFFEL, A.B. Avaliação da adequação de sistemas construtivos em madeira na produção de edificações em ilhas oceânicas: estudos de caso no Atol das Rocas e nos Arquipélagos de Fernando de Noronha e de São Pedro e São Paulo. Vitória, 2011. 185p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória. Disponível em: ww.lppufes.org/publicações/teses. Acesso em: 8 abril 2014.

ZODIACMILPRO - Barcos infláveis militares. Disponível em: www.zodiacmilpro.com/.

