



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

IMPERMEABILIZAÇÃO EM BLOCOS DE TERRA COMPACTADOS
Estudo comparativo entre as resinas das marcas Hydronorth® e a Viapol®

JONAS LEITE DANTAS

João Pessoa - PB

2019

IMPERMEABILIZAÇÃO EM BLOCOS DE TERRA COMPACTADOS
Estudo comparativo entre as resinas das marcas Hydronorth® e a Viapol®

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal da Paraíba como requisito à
obtenção do título de bacharel em Engenharia
Civil

Orientador: Prof. Dr. Givanildo Alves de Azeredo

João Pessoa – PB

2019

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

D192i Dantas, Jonas Leite.
IMPERMEABILIZAÇÃO EM BLOCOS DE TERRA COMPACTADOS /
Jonas Leite Dantas. - João Pessoa, 2019.
61 f. : il.

Orientação: GIVANILDO ALVES DE AZEREDO.
Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. BTC, IMPERMEABILIZAÇÃO, RESINA, IMERSÃO, ABSORÇÃO.
I. ALVES DE AZEREDO, GIVANILDO. II. Título.

UFPB/BC

FOLHA DE JULGAMENTO

JONAS LEITE DATAS

IMPERMEABILIZAÇÃO EM BLOCOS DE TERRA COMPACTADOS
Estudo comparativo entre as resinas das marcas Hydronorth® e a Viapol®

Trabalho de conclusão de curso defendido em 09/05/2019 perante a seguinte banca julgadora:

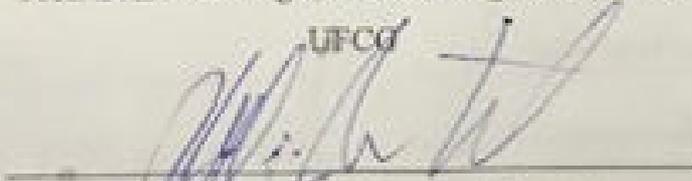


Prof. Dr. Givanildo Alves de Azeredo

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB



Prof. Dra. Aline Figueiredo Nóbrega de Azeredo



Prof. Dr. Ubiratan Henrique Pimentel

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB



Prof. Dra. Andra Brasiliano Silva

Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meus pais que sem eles não seria possível de enfrentar todas as dificuldades do período da graduação. As minhas avós e tios que me deram todo o suporte possível nessa caminhada. A Rafaela e sua irmã Thaís que tiveram sua participação me auxiliando na confecção dos meus blocos e a Enarê que encontrou imagens necessárias para compor o trabalho que até então estavam perdidas. A todos os colegas de sala e professores que caminharam junto comigo ao longo de todos esses anos. A todos meu muito obrigado!

RESUMO

A construção em terra é um método construtivo que vem sendo utilizado ao longo dos milênios, é uma metodologia que se aplica desde os períodos antes de cristo e que vem em constante processo de evolução. O presente trabalho estuda a impermeabilização dos blocos de terra compactado, ou tijolos ecológicos, que se trata de uma tecnologia considerada a evolução do adobe e visa minimizar os impactos ambientais causados pela queima de materiais combustíveis na fabricação do tijolo tradicional, além de reduzir as quantidades de resíduos de construção civil. Trata-se de um modelo que se preocupa com a sustentabilidade e apresenta boas economias quando comparados ao modelo tradicional. O grande problema dos blocos e de todas as construções com terra é a alta absorção de água então a pesquisa foca em fazer um comparativo entre duas marcas de impermeabilizantes encontrados no mercado local para testar se realmente eles entregam o que prometem e qual dos dois produtos é mais eficiente.

Palavras-chave: BTC, Impermeabilização, resina, imersão, absorção

ABSTRACT

The earth construction is a constructive method that has been used over the millennia, it's a methodology that applies from the periods before Christ and that comes in constant evolution. The main focus of the present work is the study of the waterproofing of compacted earth blocks, or ecological bricks, it's a technology considered the evolution of adobe that aims to minimize the environmental impacts caused by the burning of combustible materials in the manufacture of traditional brick, in addition to reduce the amount of construction waste. It is a model that is concerned with sustainability and presents good savings when compared to the traditional model. The big problem of the blocks and all the earth construction are the high water absorption, so the research focuses on comparing two waterproofing products found in the local market in order to find out if they delivery what they promise and which one have the better results.

Key-words: CEB, waterproofing, resin, immersion, absorption

LISTA DE ABREVIACÕES

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ARSO – *African Regional Organization for Sandardization*

BTC – Blocos de Terra Compactado

CDE – *Centre for the Development of Enterprise*

CMMAD – Comissão Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento

CRATerre – *Centre de Recherche d'Architecture de Terre*

ENTPE – *National Engineering Institute for Publick Works of Lyon*

NBR – Norma Brasileira Registrada

RCC – Resíduos de Construção Civil

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mosteiro de Tabo na Índia.....	16
Figura 2 – Cidade de Yazd no Irã.....	16
Figura 3 – Diagrama de classificação dos diferentes tipos de construção em terra.....	17
Figura 4 – Tipos de BTC.....	20
Figura 5 – Blocos com solos com teores de areia e argila acima do recomendado.....	24
Figura 6 – a) Dosagem da mistura. b) Colocação da mistura na prensa. C) Moldagem do bloco.....	27
Figura 7 – Cura dos blocos: Blocos tapados com lona plástica após rega com água.....	28
Figura 8 – Representação do processo de preparação do solo e produção de BTC's.....	29
Figura 9 – Ferro de espera posicionados e fiada guia executada.....	31
Figura 10 – Aplicação de argamassa fluida utilizando a bisnaga.....	32
Figura 11 – Instalação de hidráulica em alvenaria de BTC.....	32
Figura 12 – Alvenaria finalizada com blocos aparentes.	33
Figura 13 – Bandejas na estufa.....	39
Figura 14 – Solo sendo pesado.....	40
Figura 15 – Cimento sendo pesado.....	40
Figura 16 – Pesagem da água.....	40
Figura 17 – Saco de cimento utilizado.....	40
Figura 18 – Adição da água à mistura seca.....	41
Figura 19 – Teste da mão.....	42
Figura 20 – Prensa mecânica Eco Brava.....	42
Figura 21 – Parte superior da prensa.....	42
Figura 22 – Alavanca da prensa.....	43
Figura 23 – Introdução da mistura no molde.....	43
Figura 24 – Mistura dentro do molde.....	43
Figura 25 – Comporta fechada para compactação.....	44
Figura 26 – Comporta aberta após a compactação.....	44
Figura 27 – Retirada do bloco.....	44
Figura 28 – Disposição dos blocos na cura úmida.....	45
Figura 29 – Aplicação da resina incolor.....	46
Figura 30 – Aspecto visual pós aplicação da resina Hydronorth®.....	46
Figura 31 – Aplicação da resina branca.....	47

Figura 32 – Aspecto visual pós aplicação da resina ViaFlex Parede.....	47
Figura 33 – Pesagem do bloco pós compactação.....	48
Figura 34 – Pesagem do bloco após 24h na estufa.....	48
Figura 35 – Blocos dentro da água.....	49
Figura 36 – Modelo do ensaio de capilaridade.....	51
Figura 37 – Pesagem do bloco seco.....	53
Figura 38 – Verificação da altura da lâmina d'água.....	53
Figura 39 – Pesagem após o teste de capilaridade.....	53
Figura 40 – Medição da altura que a água subiu após o teste.....	53
Figura 41 – Pesagem do bloco nº 3 seco.....	55
Figura 42 – Pesagem do bloco nº 3 saturado.....	55
Figura 43 – Pesagem do bloco nº 11 seco.....	55
Figura 44 – Pesagem do bloco nº 11 saturado.....	55
Figura 45 – Pesagem do bloco nº 15 saturado.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo do diagrama anterior, dividido pelos 3 tipos de construção	17
Tabela 2 – Tabela de Classificação granulométrica segundo a NBR6502.....	21
Tabela 3 – Características gerais da terra para produção de BTC.....	22
Tabela 4 – Incorporação de estabilizadores em BTC.....	26
Tabela 5 – Produtividade e energia de compactação das prensas.....	28
Tabela 6 – Resultado dos limites de consistência.....	38
Tabela 7 – Resultado da granulometria.....	38
Tabela 8 – Pesagem dos blocos.....	48
Tabela 9 – Resultado do teste de imersão.....	52
Tabela 10 – Limites especificados pela NBR 8491.....	52
Tabela 11 – Resultado do teste de capilaridade	54
Tabela 12 – Altura da água nos blocos.....	54
Tabela 13 – Resultado do segundo teste de imersão.....	56

SUMÁRIO

1. Introdução.....	13
1.1 Escopo do capítulo.....	13
1.2 Motivação.....	13
1.3 Objetivos	15
2. Revisão da literatura parte 1.....	16
2.1 Escopo do capítulo.....	16
2.2 História da construção com terra.....	16
2.3 Sustentabilidade.....	18
3. Blocos de terra compactada (BTC)	19
3.1 Escopo do capítulo.....	19
3.2 Características gerais.....	19
3.3 Vantagens e desvantagens.....	20
3.4 Seleção e extração da terra.....	21
3.5 Teor de umidade.....	24
3.6 Estabilizantes.....	25
3.7 Moldagem.....	27
3.8 Cura.....	27
3.9 Fabricação do BTC.....	28
4. Construindo com os blocos de solo-cimento.....	30
4.1 Escopo do capítulo.....	30
4.2 Alvenarias.....	30
4.3 Preparação do terreno.....	30
4.4 Ferro de espera.....	30
4.5 Fiada guia.....	30
4.6 Assentamento dos blocos.....	31
4.7 Instalações.....	32
4.8 Revestimento.....	33
5. Revisão da literatura parte 2.....	34
5.1 Escopo do capítulo.....	34
5.2 Água em estruturas de terra.....	34
5.3 Impermeabilização.....	35
6. Materiais e Métodos.....	37

6.1 Escopo do Capítulo.....	37
6.2 Normas.....	37
6.3 Materiais	37
6.4 Processo de execução.....	38
6.5 Impermeabilização.....	45
6.5.1 Resina Hydronorth®.....	45
6.5.2 Resina Viapol® ViaFlex Parede	46
6.6 Testes de absorção de água.....	47
6.6.1 Teste por imersão.....	47
6.6.2 Teste por capilaridade.....	50
7. Resultados e Discussões.....	52
8. Conclusão.....	57
9. Sugestões para os próximos trabalhos.....	58
10. Referências.....	59

1. INTRODUÇÃO

1.1 Escopo do capítulo

O presente capítulo dá uma breve apresentação do raciocínio fundamental para a realização deste projeto de pesquisa assim como as motivações e objetivos que levaram a escolha do objeto de estudo.

1.2 Motivação

Na engenharia civil a terra é entendida como sendo o conjunto natural de partículas que podem ser separadas por agitação em água (MOTTA, 1997). A terra como material de construção, tem sido um dos materiais mais utilizados desde os períodos da pré-história. Em geral, a sobrevivência do uso dessa tecnologia construtiva se deve a abundância de matéria-prima aliado às vantagens a níveis ambiental e econômico. Devido a constante procura por métodos construtivos cada vez mais avançados associado com a utilização de novos tipos de materiais, contribuiu para que o uso da terra fosse desprestigiado sendo atribuído principalmente à países subdesenvolvidos.

Estima-se que cerca de 30% a 50% da população mundial vive em habitações de terra (LITTLE et al., 2001; KAKIZAWA, 2007; PACHECO-TORGAL et al., 2009). Países do continente africano, América central, Oriente Médio e algumas regiões asiáticas são alguns exemplos de regiões onde a maior parte de suas construções adotavam o uso de terra como uma das únicas alternativas para a construção de suas habitações.

Um material muito utilizado nas habitações em terra é a argila, por ter uma característica de boa coesão e também por ser um material encontrado em abundância na natureza e, também é uma das principais matérias primas usadas na indústria da construção. Podendo ser usada na fabricação de tijolos, telhas, louças cerâmicas e etc. Além disso, apresenta-se como material de baixo custo e possui excelentes propriedades térmicas e acústicas (BARBOSA e MATTONE, 2002).

Existem diversos tipos de solo, mas a maioria deles não é adequado para ser utilizado em seu estado natural, sendo necessário a utilização de estabilizantes como: cal, cimento e etc. Inúmeros estudos vêm sendo feitos com relação às proporções desses estabilizantes e de correção granulométrica para cada tipo de terra (BARBOSA et al., 1997)

Os estudos para estabilização com aglomerantes, especialmente o cimento abriram uma gama de possibilidades para a constituição de um novo material, que posteriormente ganhou forças com o desenvolvimento de um modelo de prensa manual para a fabricação de

blocos, conhecida pela denominação CINVA-RAM. Assim surgiu o componente identificado como o bloco de terra compactado, o BTC. Geralmente estabilizado com cimento, o bloco em questão possui uma fabricação que permite aplicar um controle de qualidade eficiente, além de garantir a uniformidade do componente, diferente de seu antecessor o adobe.

Os blocos de terra crua podem ser fabricados prensados ou não. A grande vantagem do BTC em relação ao tijolo cerâmico tradicional é que eles não precisam ser queimados, a principal matéria prima é a terra que pode ser aquela disponível no local da construção, diminuindo assim a emissão de poluentes e resíduos de construção civil, RCC. Para cada tecnologia de construção em terra há o tipo de solo adequado, por isso é necessária uma análise criteriosa no tipo de terra a ser utilizada principalmente se a terra for aquela extraída no canteiro da obra.

A sustentabilidade é uma problemática bastante discutida em diversas áreas de estudo, a mesma encontra-se em destaque devido aos impactos ambientais causados pelo homem desde as eras mais primitivas até os dias atuais. Existe uma produção em larga escala de bens de consumo sem a preocupação se a natureza terá a capacidade de se renovar na mesma velocidade com o que a matéria prima é extraída. Este ciclo de consumo onde o foco é no consumo desenfreado de matéria prima e energia acarreta num esgotamento dos recursos naturais disponíveis a médio e longo prazo, causando grandes problemas ao planeta e a quem o habita.

Ao longo dos anos a indústria da construção foi incapaz de substituir o tijolo como principal material de construção, especialmente no Brasil. Existem duas razões principais para que isso ocorra: a primeira é o valor do bloco cerâmico que é relativamente barato em relação ao BTC e a segunda razão é puramente cultural, pois uma vez que a população já estava acostumada com a construção tradicional fica difícil provar que o novo promove a mesma qualidade ou até mesmo uma qualidade superior que a construção com o tijolo tradicional.

Neste contexto, visando minimizar os problemas a médio e longo prazo, os profissionais da construção civil poderiam buscar meios alternativos para a execução de suas obras. Pensando nisto, a presente dissertação, desenvolvida no âmbito da graduação em Engenharia Civil, tem como motivação identificar o quanto os impermeabilizantes disponíveis do mercado são eficazes, visto que muitos blocos possuem boas características mecânicas, porém apresenta fragilidade frente à ação da água e assim melhorar as construções com BTC.

1.3 Objetivos

- Analisar a viabilidade e eficácia das duas marcas de impermeabilizantes disponíveis no mercado local;
- Demonstrar a metodologia de execução dos blocos de solo-cimento;
- Identificar e testar impermeabilizantes em blocos de terra compactados dosados e executados na UFPB;
- Testar e comparar o nível de absorção de água em blocos de terra estabilizados com cimento com e sem impermeabilizante.

2. Revisão da Literatura parte 1

2.1 Escopo do capítulo

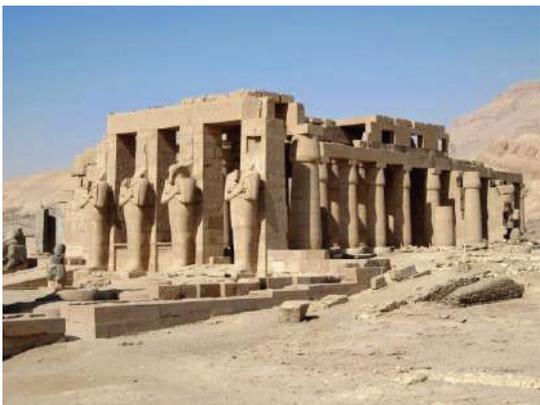
O presente capítulo aborda a história da construção com terra, avanços, técnicas construtivas, assim como o potencial sustentável da construção com blocos de terra.

2.2 História da construção com terra

Estima-se que aproximadamente 3 bilhões de pessoas ao redor do mundo, vivam em habitações construídas em terra das mais variadas técnicas. As três técnicas mais utilizadas em território nacional são a taipa, o adobe e o tabique (SILVA et al., 2013). Muito embora, nos dias de hoje, já existam evoluções destas técnicas como é o caso do BTC, o uso de técnicas mais primitivas foi capaz de construir grandes edificações a muitos anos atrás, quando ainda não existiam estudos técnicos que averiguassem a real capacidade de carga destas construções.

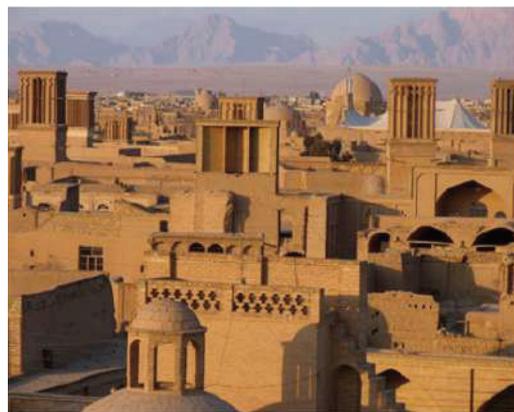
As Figuras 1 e 2, a seguir, mostram respectivamente: o mosteiro de Tabo na Índia e o templo de Ramesses que são edificações construídas mais antigas do mundo utilizando a técnica de construção com terra.

Figura 1 – Mosteiro de Tabo na Índia.



Fonte: A vida em Deli blogspot¹ (2019)

Figura 2 – Cidade de Yazd, no Irã.



Fonte: Página Pet Eng. Civil UFSC² (2019)

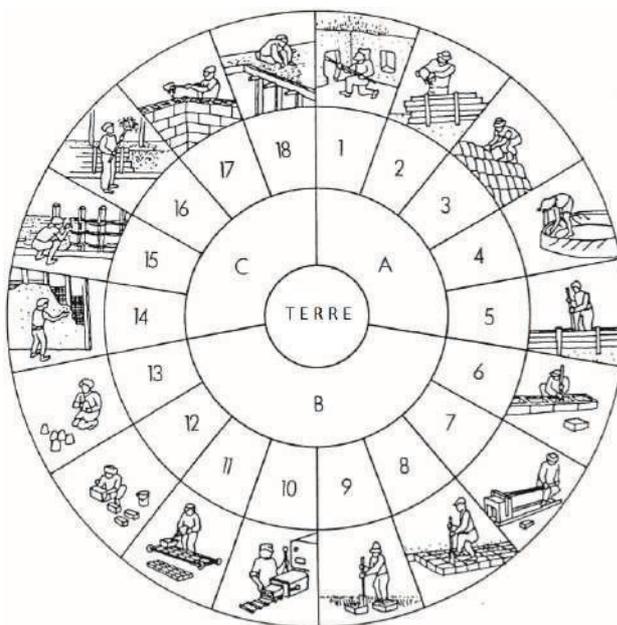
¹ Disponível em: <<http://avidaemdeli.blogspot.com/2006/11/imagens-de-deli-mosteiro-de-tabo.html>> Acesso em abril de 2019

² Disponível em: <<http://pet.ecv.ufsc.br/2015/03/construcao-sustentavel-com-adobe/>> Acesso em abril de 2019.

Apesar de os países mais desenvolvidos considerarem as construções em terra como sendo inferiores e ou, para populações de baixa renda, a construção em terra não necessariamente está necessariamente ligada a habitações de baixa renda.

Desde 1979 que existe um grupo denominado CRAterre (*Centre de Recherche d'Architecture de Terre*), criado na França, tem como campo de ação pesquisas na área de construção em terra e desenvolvimento sustentável, sendo assim uma referência internacionalmente renomada no assunto. O grupo elaborou um diagrama cujo elemento em comum é o uso do solo, sua subdivisão se dá de acordo com a técnica de construção e a divisão é composta por 3 grandes famílias como mostrado a seguir:

Figura 3 – Diagrama de classificação dos diferentes tipos de construção em terra



Fonte: Nito e Amorim (2012) adaptado de Guillard e Houben (1989)

Tabela 1 – Resumo do diagrama anterior, dividido pelas 3 grandes famílias e tipos de construção

A	B	C
Estrutura monolítica portante	Estrutura em alvenaria portante	Estrutura de suporte com enchimento ou revestimento de terra
1. Terra escavada	6. Blocos apilados	14. Terra de recobrimento
2. Terra plástica	7. Blocos prensados	15. Terra sobre engradado
3. Terra empilhada	8. Blocos cortados	16. Terra palha
4. Terra moldada	9. Torrões de terra	17. Terra de enchimento

5. Taipa	10. Terra extrudida	18. Terra de cobertura
	11. Adobe mecânico	
	12. Adobe manual	
	13. Adobe moldado	

Fonte: (Adp. Houben & Guillaud, 1989).

2.3 Sustentabilidade

O termo sustentabilidade pode ser entendido como “um conceito sistêmico, relacionado com a continuidade dos aspectos econômicos, sociais, e ambientais da sociedade humana” (REDE DA SUSTENTABILIDADE, 2011). A integração entre os três aspectos citados anteriormente, segundo Araújo et al. (2006) constitui o tripé conhecido como *triple bottom line*.

Atualmente o assunto é discutido mundialmente e os discursos por parte dos gestores e empreendedores, não somente da área da construção civil, mas também de diferentes setores que buscam vincular as práticas sustentáveis como forma de atrair uma imagem positiva para a empresa e também colaborar com o meio ambiente. No entanto várias empresas enfrentam grandes dificuldades em associar seus discursos com as práticas devido uma série de fatores desde conflitos de pensamentos até problemas financeiros para implementação das modificações necessárias para tornar o meio sustentável.

A Organização das Nações Unidas, através do relatório Nosso Futuro Comum, publicado pela Comissão Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CMMAD) em 1987, elaborou o conceito de desenvolvimento sustentável como sendo: “aquele que busca as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender suas próprias necessidades”.

O setor da construção civil é um dos setores da economia que mais gera impactos ambientais, seja por extração de minérios e energéticos, como por fabricação de matéria prima para utilização em edificações e até mesmo com o descarte de seus resíduos

Por ser um dos setores que emitem altos índices de poluição o setor da construção precisa se engajar cada vez mais na questão da sustentabilidade. Líderes do setor deveriam fazer uma agenda de introdução progressiva de sustentabilidade buscando soluções que sejam economicamente viáveis.

Uma avaliação dos danos ambientais proveniente do setor construtivo requer uma quantificação e qualificação dos recursos que estão sendo consumidos e das emissões decorrentes dos diferentes estágios ao longo da cadeia construtiva. Pois o consumo

desenfreado de matéria prima sem um planejamento prévio de como aproveitar até mesmo os descartes pode acarretar a um esgotamento dos recursos. O entendimento de que se deve aproveitar ao máximo todos os recursos extraídos associado aos impactos naturais devido a má utilização do material extraído, torna ainda mais complexa a seleção de materiais que permitam ao projetista a avaliação desses materiais com base em requisitos ambientais.

Assim, torna-se indispensável para a defesa de um desenvolvimento sustentável na construção civil a avaliação ambiental de materiais de construção. Avaliando seu desempenho ambiental desde sua produção até a sua disposição final (PENTEADO E MARINHO 2011).

3. Blocos de terra compactada (BTC)

3.1 Escopo do capítulo

O presente capítulo introduz os blocos de terra compactada suas características gerais, vantagens, desvantagens e também descreve desde o processo de seleção de matéria prima até a cura.

3.2 Características gerais

De acordo com a CRATerre os blocos de terra compactada podem ser definidos como: “pequenos elementos de alvenaria com características regulares e verificadas, obtidos pela compactação estática ou dinâmica de terra num esta húmido, desmoldados imediatamente a seguir” (CDI e CRATerre-EAG/ODA, 1998).

Segundo a NBR 12024 – Solo Cimento – moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos, 1992. Entende-se como bloco de terra compactada, ou bloco de solo-cimento, como o produto endurecido, resultante da cura de uma mistura homogênea compactada de solo, cimento e água em proporções previamente estabelecidas através de dosagens controladas.

O BTC teve origem quando o primeiro equipamento capaz de compactar a terra foi inventado. A primeira prensa famosa foi desenvolvida pelo engenheiro Raul Ramires em Bogotá, Colômbia, no ano de 1952. A partir da década de 70 começaram a surgir novas prensas manuais e mecânicas dando início ao mercado de produção e aplicação de BTC (RIGASSI, 1985).

No Brasil, segundo a utilização do bloco como elemento construtivo passou a se destacar como temática em estudos e pesquisas pela Associação Brasileira de Cimento

Portland (ABCP, do Centro de Pesquisas e Desenvolvimento do Estado da Bahia (CEPED) e do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT).

Alguns engenheiros se referem ao bloco como “tijolo ecológico”, por se tratar de um elemento que dispensa a queima em seu processo de fabricação e por isso reduz o consumo de lenha assim como diminui a emissão de CO₂ para a atmosfera. É possível fabricar o BTC de diferentes tamanhos e tipos. Sendo os mais usuais o maciço e o com furos podendo ser com o sem encaixes como mostrado a seguir na figura a seguir.

Figura 4 – Tipos de BTC



Fonte: Sahara®³ (2019).

Os tijolos maciços são mais utilizados em pisos e como pastilhas de decoração enquanto que os furados para a execução de alvenarias. Os furos dos tijolos facilitam a passagens de tubulações hidráulicas e elétricas, colaboram para o conforto termo acústico da edificação e também auxiliam no encaixe dos blocos. O acabamento tradicional é opcional uma vez que se pode aproveitar a textura do tijolo utilizando resina, silicone ou verniz.

3.3 Vantagens e Desvantagens

Dentre as vantagens na escolha de utilizar o BTC estão:

- Baixo custo de acabamento;
- Imune a ataque de microrganismos;
- Matéria prima encontrada em abundância e atóxica;
- Material durável e de fácil acesso, com boa manutenção e durabilidade;
- Ótimo comportamento face a ação do fogo;

³ Disponível em: <<https://www.sahara.com.br/produtos/maquinas-de-tijolos-ecologicos-solo-cimento/prensa-de-tijolos-ecologicos-solo-cimento-linha-ativa/prensa-de-tijolos-ativa.php>> Acesso em abril de 2019

- Reciclável para fabricação de novos blocos.
- Redução na emissão de CO₂;

Como todo material, também possui limitações, como limitantes para o uso, pode-se listar:

- Baixa resistência a água;
- Baixa resistência mecânica em comparativo com o tijolo cozido tradicional;
- Falta de regulamentação adequada.
- Mão de obra especializada, por se tratar de uma técnica não convencional;

Segundo o grupo Proterra (NEVES et al., 2011, 2012), qualquer solo, exceto os com alta composição de materiais orgânicos ou solos com a presença predominante de argilas expansivas, pode ser utilizado como material de construção

Segundo Barbosa et al (1997), a qualidade dos blocos dependerá principalmente:

- Da seleção da terra;
- Da umidade de moldagem;
- Do tipo de prensa;
- Do tipo e percentagem de estabilizante;
- Da cura.

3.4 Seleção e extração da terra

O solo é constituído principalmente por matéria mineral e alguma matéria orgânica (plantas, raízes, restos de comida, animais em decomposição etc). Como matéria prima na construção civil apenas o solo sem a presença de material orgânico pode ser utilizado. O solo superficial é cheio de material orgânico, logo, este deve ser destinado a fins paisagísticos. O subsolo é de onde se extrai o material para o trabalho na construção civil.

As características mais importantes para a utilização da terra como material para construção civil a fins práticos são: a granulometria e os seus limites de consistência. Entende-se por granulometria como sendo a caracterização da quantidade de cada elemento que constitui um solo. Resumidamente, tem-se a seguinte classificação:

Tabela 2 – Tabela de Classificação granulométrica segundo a NBR6502/1993

TIPO	DIÂMETRO
Pedregulho	De 2mm a 60mm
Areia grossa	De 0,6mm a 2mm
Areia média	De 0,2mm a 0,6mm
Areia fina	De 0,06mm a 0,2mm

Silte	De 0,002mm a 0,06mm
Argila	Inferior a 0,002mm

Fonte: NBR 6502/1993.

Por se tratar de um produto onde a matéria prima principal é encontrada de maneira bem diversificada a depender da região de onde se extrai o solo, não existe um consenso quanto as características ideais para a terra.

A tabela 3, mostrada a seguir, apresenta alguns valores de referência tanto para granulometria quanto para os limites de consistência, tendo como referência diferentes autores.

Tabela 3 – Características gerais da terra para produção de BTC.

Autor	Granulometria (%)			Limites de consistência	
	Seixo	Areia	Argila/Silte	LL	LP
Rigassi (1985)	0 – 40	25 – 80	18 – 55	–	–
Barbosa (1996)	–	50 – 70	20 – 40	–	–
Delgado et al. (2007)	–	–	20 – 47	25 – 50	2 – 30

Fonte: (SILVA, 2015).

Análises granulométricas e de limites de consistência são de fundamental importância para uma boa qualidade do produto final. Mas também existem alguns testes que podem ser realizados no local de trabalho afim de obter informações como: presença de matéria orgânica, concentração de argila, permeabilidade do solo e etc. A cartilha “Produção de Tijolos de Solo-Cimento” produzida pelo Instituto Educacional Piracicabano da Igreja Metodista - IEP aponta os seguintes exames preliminares como sendo ajudantes no processo de caracterização do solo:

- Exame da caixa: Mistura um pouco da amostra de terra peneirada e seca com água até o ponto em que a mistura grude na colher do pedreiro, após isso colocar a mistura em uma caixa de madeira com dimensões previamente estabelecidas e após 7 dias, protegido contra sol e chuva, medir a sua retração. Este exame tem por objetivo descobrir se o solo é adequado para uso;
- Exame da contração: Fabricar um bloco e medi-lo, deixar secar e após 24 horas medir novamente. Para a produção do BTC a contração máxima deve ser de 5mm. Caso contrário deve-se misturar a terra com areia.
- Exame da garrafa: consiste em colocar a terra numa garrafa transparente ocupando $\frac{1}{4}$ de seu volume e completar com água. Deve-se anotar o tempo que a água chega ao fundo, depois agita a garrafa e deixa repousar por 45 minutos. Após o repouso nota-se

a proporção de cada um dos componentes do solo. Este exame tem como objetivo determinar aproximadamente a permeabilidade do solo.

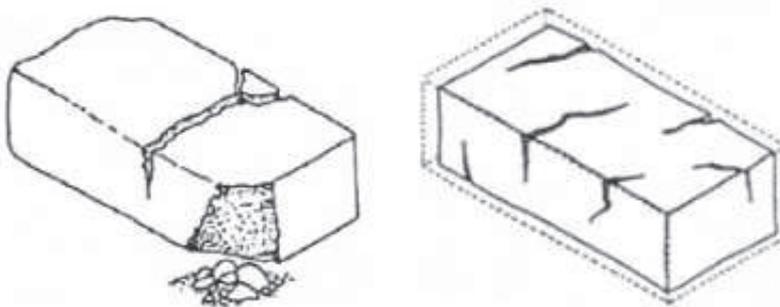
- Exame de aderência: consiste em tomar um pouco de terra úmida que não grude entre os dedos e cortar com uma espátula. Esse exame tem por objetivo observar a quantidade de argila presente na amostra
- Exame de água corrente: lavar as mãos após esfrega-las com a terra ligeiramente úmida com objetivo de identificar as proporções de finos na amostra
- Exame de mordida: consiste em morder um pouco da amostra entre os dentes. Para o caso de terra arenosa provoca uma sensação desagradável nos dentes e se a terra for argilosa a sensação é lisa e farinhosa entre os dentes;
- Exame de odor: consiste em cheirar a amostra com objetivo de detectar a presença de matéria orgânica, se a amostra conter odor de húmus é sinal de que existem elementos orgânicos nessa amostra;
- Exame do charuto: consiste em eliminar os grãos com mais de 5mm, misturar com um pouco de terra, fabricar uma espécie de “charuto” de 3cm de espessura e desliza-lo lentamente para fora da mão até que ocorra sua quebra, após o procedimento medir o comprimento do pedaço. Este exame tem como objetivo determinar a coesão do solo verificando se a quantidade de argila é apropriada para a fabricação de BTC
- Exame tátil: consiste em triturar a amostra entre os dedos com objetivo de identificar a composição do tamanho dos grãos do material
- Exame visual: consiste em examinar a amostra em estado seco e observar sua cor e seus componentes arenosos e argilosos;

Resumidamente, a termos práticos o solo que tiver os percentuais de areia, silte e argila girando em torno de 50%, 25% e 25%, respectivamente, são considerados bons para utilização na construção. Solos com grandes teores de areia, acima de 75%, podem apresentar pouca coesão e necessitam de uma quantidade maior de estabilizante para se manter estável, já os solos com grandes teores de argila apresentam maior risco de fissuras e torna a extração e a preparação do solo muito difícil.

Uma vez realizados os testes necessários para saber se o solo é adequado ou não para a produção dá-se início ao processo de extração do material. É muito importante verificar constantemente a composição do solo devido a comum heterogeneidade do solo.

A figura abaixo mostra 2 exemplos de blocos com solo muito arenoso, a esquerda, e solo muito argiloso, a direita.

Figura 5 – Blocos com solos com teores de areia e argila acima do recomendado.



Fonte: Cartilha de Produção de Tijolos de Solo-Cimento

A seguir, as recomendações da Cartilha de Produção de Tijolos de Solo-Cimento para a extração do solo:

- i. Desprezar a capa superior, pois contém quantidades significativas de matéria orgânica o que inviabiliza sua utilização;
- ii. Extrair no sentido vertical para se obter diferentes capas de solo
- iii. Realizar constantemente as provas do charuto e da garrafa afim de se certificar de que as propriedades da terra não estão variando;
- iv. Deixar o solo secar após a retirada;
- v. Peneirar;
- vi. Fazer teste de granulometria.

3.5 Teor de umidade

Em se tratando da umidade é indicado que se faça uso do teor ótimo de água (TOA), este teor relaciona a densidade do solo na presença de água. Segundo a CRATerre o teor de água durante a compactação tem influência no comportamento mecânico do solo, influenciando assim na sua permeabilidade, absorção da água, expansão do solo e ainda na resistência mecânica inicial de um solo compactado.

O TOA varia de acordo com o tipo de solo que se está trabalhando, então recomenda-se fazer um estudo da densidade seca, que consiste em prensar alguns blocos aumentando gradativamente o teor de umidade a partir do teor de umidade natural do material. A partir dos valores referentes ao peso, quantidade de material utilizado para fabricação e volume do bloco confeccionado, obtém-se a densidade seca pela seguinte equação:

$$\gamma_d = \frac{P_w}{[(1 + w) \times V]} \quad \text{Eq.1}$$

Onde: γ_d é a densidade seca, P_w é o peso do bloco imediatamente após a moldagem, w é o teor de umidade e V é o volume.

3.6 Estabilizantes

Sabendo que por se tratar de um material natural, o solo nem sempre apresenta as características desejadas para a sua utilização. Define-se por estabilização do solo como sendo “qualquer processo que melhora as propriedades de um solo permitindo desempenhar a sua função na engenharia” (RIX, 1998).

Existem três modos de estabilização que envolvem métodos físicos, químicos e mecânicos (RIGASSI, 1985; RIX, 1998). No entanto é importante lembrar de que por não se tratar de uma ciência exata, não existe uma fórmula para estabilização que atenda a todos os casos. Alguns fatores devem ser levados em consideração no momento do cálculo da quantidade de estabilizador a ser utilizado, sendo estes:

- Composição do solo;
- Exigência funcional da obra;
- Fatores sociais e econômico;
- Tipo de estabilizador a incorporar.

A estabilização física consiste na introdução ou remoção de materiais que mudem a constituição do solo, em geral se adiciona fibras para proporcionar um aumento da coesão entre as partículas do solo e assim uma resistência superior. Exemplos de fibras utilizadas: palha seca, sisal pelos de animal, bambu, fibras de palmeira, fibras de aço entre outros. (OSULA, 1996).

A estabilização mecânica não envolve adição de qualquer tipo de material estranho ao solo. Consiste apenas na compressão do solo reduzindo ao máximo seu volume de vazios e com isso aumento de sua resistência, durabilidade e resistência à água (RIX, 1998).

A estabilização química resulta da introdução de substâncias químicas que alterem suas propriedades físico-químicas resultando na criação de um novo composto. É o método que mais contribui para os ganhos de resistência e não é alterado na presença de água. Os estabilizadores mais utilizados são: o cimento, a cal, o betume e as pozolanas (RIX, 1998).

O cimento é o estabilizador mais utilizado no mundo, devido suas características mecânicas e de durabilidade além de contar com o apoio social do cenário local que consideram as construções feitas com cimento como sendo nobres ou de qualidade superior. Como estabilizador do BTC tem como função agregar resistência, com sua resistência

máxima aos 28 dias e aumentar sua resistência perante a água. O estabilizador é adequado para quase todos os tipos de solo, porém é mais indicado para solos arenosos (RIX, 1998).

Segundo Barbosa et al (1997), um dos melhores e mais populares estabilizantes é o cimento, teores da ordem de 4 a 6% são capazes de produzir tijolos de excelente qualidade. O processo de estabilização utilizando a cal altera rapidamente a plasticidade do solo assim como devido a reação pozolânica que ocorre entre a cal e os minerais argilosos, produz vários compostos cimentícios insolúveis que proporcionam aumento da resistência e durabilidade do solo assim como ocorre com o cimento. A diferença entre as reações de solo-cimento e solo-cal é proveniente da hidratação do cimento a ser realizada independentemente do tipo de solo, enquanto que com a cal é necessário a existência de minerais pozolânicos suficientes para reação e produção dos compostos cimentícios.

A tabela a seguir refere-se a incorporação de estabilizadores em BTC de acordo com diferentes autores.

Tabela 4 – Incorporação de estabilizadores em BTC

Estabilizador	Documento Consultado	Proporção (%)	Observações
Cimento	Rigassi (1985)	4 – 10	Manual de produção de BTC da CRATerre
	Adam (2001)	3 – 18	Livro técnico de BTC em Sudan
	Kerali (2001)	3 – 10	5 – 8% Mais adequado para BTC
	Lourenço (2002)	6 – 12	Construção em terra no geral
	Walker (1995)	5 – 10	<5% Arestas tornam-se friáveis
	Riza et al. (2010)	4 – 10	>10% Economicamente inviável
	Osula (1996)	0,5 – 4	Faz referência a documento de: Walker (2002).
	Namango (2006)	3 – 12	Só adequado para amassadura em laboratório
Cal	Ngowi (1997)	3 – 12	>3% Preenchimento de vazios
			3 – 6% Diminuição da absorção de água
			>6% Diminuição da absorção de água com aumento da resistência mecânica
Cal	Rigassi (1985)	6 – 12	Manual de produção de BTC da CRATerre
	Adam (2001)	>6	Recomenda a utilização do dobro da % de cimento
	Lourenço (2002)	6 – 12	Construção em terra no geral
	Osula (1996)	0,5 – 4	Só adequado para amassadura em

			laboratório
	Pacheco-Torgal et al. (2009)	3 – 10	Construção em terra no geral

Fonte: Silva (2015) pag. 34

3.7 Moldagem

A moldagem dos blocos é feita por prensas, atualmente existem dois tipos de prensas disponíveis no mercado, que são: as manuais e as mecanizadas. As prensas manuais são de fácil manuseio e surgiram por volta dos anos 50, com a sua criação foi possível dar início ao processo de fabricação dos blocos. As mecanizadas exigem uma mão de obra um pouco mais especializada, uma vez que o operador lidará com computadores e softwares responsáveis pelo funcionamento do equipamento. As figuras a, b e c, a seguir, mostram o processo de moldagem do tijolo.

Figura 6 – a) Dosagem da mistura. b) Colocação da mistura na prensa. C) Moldagem do bloco.



Fonte: Silva pag. 40 (2015)

A tabela 5, a seguir, mostra um comparativo da produtividade entre as prensas manuais e motorizadas.

Tabela 5 – Produtividade e energia de compactação das prensas

Tipo de prensa		Energia de compactação (Mpa)	Taxa de compactação do solo	Produção (BTC/dia)
Manual	Mecânica	1,5 – 2,0	1,38	300 a 1.200
	Hidráulica	2,0 – 10,0	1,65	2.000 a 2.800
Motorizada	Mecânica	4,0 – 24	>1,65	1.600 a 12.000
	Hidráulica	> 20,0	>2	2.000 a 4.000

Fonte: FERRAZ JUNIOT (1995)

3.8 Cura

O processo de cura, assim como ocorre com blocos de concreto, deve ser conduzido de maneira tal que preserve a água dentro do bloco, ou seja, deve ser feito de maneira que evite a evaporação da água da mistura, pois caso contrário não haverá tempo suficiente para realizar

o complemento do processo de hidratação, resultando em blocos de qualidade inferior ao desejado.

No caso dos blocos não estabilizados a cura seca é indicada, que consiste em tampar cuidadosamente os blocos com lona de plástico ou outro material semelhante em um local protegido do sol a fim de evitar uma secagem demasiadamente rápida. Em contrapartida os blocos estabilizados pedem uma cura úmida durante os 7 primeiros dias após a desmoldagem, seguido de uma cura seca durante os próximos 21 dias (28 no total). A cura húmida é responsável por garantir o teor de umidade adequado para que as reações de estabilização aconteçam e a fase seca é responsável por permitir a secagem do bloco e com isso a evaporação lenta da humidade de modo que a argila seque lentamente aumentando a coesão do bloco (RIGASSI, 1985; RIX, 1998).

Figura 7 – Cura dos blocos: Blocos tapados com lona plástica após rega com água



Fonte: Silva 2015 pag.40

3.9 Fabricação do BTC

A grosso modo, pode se dizer que o processo de fabricação do bloco solo-cimento é da seguinte maneira:

- i. Escavação do solo
- ii. Preparação da terra
- iii. Mistura dos materiais secos
- iv. Moldagem
- v. Disposição dos blocos
- vi. Cura

A figura 8, a seguir, mostra o passo a passo da fabricação do BTC.

Figura 8 – Representação do processo de preparação do solo e produção de BTC's.



(Fonte: Gomes, 2012. p.11)

4. Construindo com os blocos de solo-cimento

4.1 Escopo do capítulo

O presente capítulo dá as diretrizes para a execução de alvenarias utilizando o BTC.

4.2 Alvenarias

O tipo de alvenaria mais construída com os tijolos ecológicos é do tipo vedação, ou seja, não possui finalidade estrutural. Deve-se tomar bastante cuidado com a sequência construtiva para obter bons resultados e minimizar as perdas, em resumo o processo de execução da alvenaria é semelhante ao convencional. A seguir será descrito as etapas de execução das alvenarias com o uso do BTC.

4.3 Preparação do terreno

O primeiro passo de qualquer solução construtiva é a preparação do terreno, o mesmo deve ser submetido a processo de limpeza, compactação e nivelamento de solo. Uma vez compactado recomenda-se que seja uma estrutura anterior a aplicação do piso, geralmente executa-se uma laje fina, mas também pode-se utilizar soluções em pedra e tijolos cerâmicos maciços, afim de separar os BTC's do contato direto com o solo, uma vez que deve ser evitado o contato direto entre a humidade do terreno e a construção.

4.4 Ferro de espera

Os ferros de espera devem ser previstos no momento da execução da fundação, eles devem ser amarrados a fundação e servirão como colunas e amarração da estrutura. Sua boa amarração é indispensável para uma boa ligação entre as paredes. Também é importante salientar que como os ferros passam por dentro dos furos dos tijolos, não é necessário a execução dos pilares tradicionais utilizando forma de madeira para sua concretagem. Com isso economiza-se tempo, material e mão de obra.

4.5 Fiada guia

Segundo Bunson (2007) após a execução da fundação é necessário a execução de uma fiada guia para garantir a modulação e alinhamento correto da construção.

A Figura 9, mostra a execução de uma unidade unifamiliar já com os seus ferros de espera posicionados e a fiada guia executada

Figura 9 – Ferro de espera posicionados e fiada guia executada



Fonte: Casa construída com tijolo ecológico⁴ (2012)

4.6 Assentamento dos blocos

No assentamento dos blocos de BTC alguns cuidados devem ser tomados durante a sua execução para garantir a máxima eficiência dos blocos assim como garantir a segurança da estrutura. Os cuidados a serem tomados são:

- Inserir uma barra vertical a cada 2m e encher o furo com argamassa de cimento, areia ou concreto;
- Os blocos devem ser dispostos de tal maneira que as juntas verticais nunca se sobreponham;
- A Figura 10 mostra o uso da bisnaga com argamassa fluida. O assentamento pode ser feito com argamassa tradicional também pode ser feito.

Uma vez executada, a alvenaria de BTC pode receber qualquer tipo de revestimento como cerâmico, pintura e etc., também é importante salientar de que pelo seu formato o

⁴ Disponível em: <http://www.recriarcomvoce.com.br/blog_recriar/casa-construida-com-tijolo-ecologico-de-solocimento/> Acessado em abril de 2019

consumidor pode optar por não utilizar revestimento algum fazendo apenas a limpeza da alvenaria e tendo um produto final visualmente agradável.

Figura 10 – Aplicação de argamassa fluida utilizando a bisnaga.



Fonte: Projeto do ES usa tijolos ecológicos para construir⁵ (2016)

4.7 Instalações

As tubulações elétricas e de água devem passar de preferência pelos furos, como mostrado na Figura 11. Não se devem abrir buracos na alvenaria já executada para passagem de tubulação e se for necessário que se faça o furo apenas para execução de parte elétrica nunca para hidráulica devido a fragilidade do elemento frente à água.

Figura 11 – Instalação de hidráulica em alvenaria de BTC



Fonte: Recriar com Você⁶ (2013)

⁵ Disponível em: <<http://jornalcorreioacapixaba.com.br/pt-BR/publicacoes/projeto-do-es-usa-tijolos-ecologicos-para-construir-casas/>>. Acessado em abril de 2019

4.8 Revestimento

O acabamento da alvenaria pode receber o revestimento tradicional como cerâmicas porcelanatos e pinturas. Além do tradicional já muito utilizado, também é possível aproveitar o visual bonito do bloco e apenas fazer a limpeza da superfície e posteriormente impermeabilizá-la. A figura 12 mostra um exemplo de alvenaria finalizada com blocos aparentes. O fato deste tipo de bloco não depender obrigatoriamente do revestimento gera economia no custo final da obra.

Figura 12 – Alvenaria finalizada com blocos aparentes.



Fonte: Trindade® Tijolos Ecológicos⁷

⁶ Disponível em: <http://www.recriarcomvoce.com.br/blog_recriar/casa-construida-com-tijolo-ecologico-de-solocimento/solocimento3> Acessado em abril de 2019

⁷ Disponível em: <<http://www.tijolosecologicostrindade.com.br/wp-content/uploads/2016/04/obra-tijolo-ecologico-cambuquira-mg-7-2.jpg>> Acessado em abril de 2019

5. Revisão da literatura parte 2

5.1 Escopo do capítulo

O presente capítulo aborda a problemática da água em estruturas de terra, seus efeitos, patologias e como minimizar os danos causados por ela.

5.2 Água em estruturas de terra

A água é um dos maiores causadoras de patologias, seja de forma direta ou indireta, a mesma pode ser considerada como um meio para a instalação de agentes que virão a degradar a estrutura. (QUERUZ, 2007).

Segundo Nunes (2014) os principais problemas a níveis não estruturais de estruturas construídas de terra estão relacionados com a presença da água. O desenvolvimento das patologias dá-se início com o humedecimento do material, que pode ocorrer devido:

- A erosão provocada pela água da chuva podendo atuar incidindo diretamente, escorrendo sobre as superfícies ou até mesmo penetrando na estrutura através de brechas causando infiltrações;
- Capilaridade é a propriedade referente à subida da água a partir do solo, que pode alcançar alturas de até 1,5m de altura;
- Condensações de vapor de água.

Artesano (2011) afirma que construções feitas com terra, requerem uma camada de proteção afim de proteger os componentes estruturais da edificação contra os efeitos da ação da água.

Segundo Wilson, et al. (1995) a quantidade de água que evapora de um solo saturado é proporcional a quantidade de água de absorvida. No entanto a evaporação da água no solo se dá de tal forma que a água vai continuar no processo de evaporação até que o teor de humidade seja igual ao nível de humidade do ar.

Os blocos de solo-cimento tendem a sofrer ainda mais com os efeitos causados pela água visto seu alto nível de absorção, os efeitos causados pela água podem ser os principais causadores de diversas patologias. O termo patologia da construção pode ser entendido como estudo dos sintomas, mecanismos, causas e as origens dos danos ocorridos em uma edificação, de forma a realizar um bom diagnóstico e assim, propor uma medida corretiva adequada (VERÇOZA, 1991).

Alguns exemplos de patologias provocadas pela água nos tijolos ecológicos são: eflorescência, mofo, deterioração do elemento e fissuras. Desta maneira, a necessidade de

proteção da construção contra a água é indispensável, com o intuito de aumentar a durabilidade do bloco e preservando suas características mecânicas. O uso dos impermeabilizantes tem como função principal minorar a absorção da água e conseqüentemente seus efeitos.

Os testes que definem a quantidade de água infiltrada nos blocos que serão utilizados no presente trabalho são: capilaridade e imersão.

5.3 Impermeabilização

De acordo com A NBR 9575 (2003) o Sistema de Impermeabilização é: “Conjunto de produtos e serviços destinados a conferir estanqueidade as partes de uma construção”. A mesma norma define a estanqueidade como sendo a propriedade de um elemento de impedir a penetração ou passagem de fluidos através de si e sua determinação está associada a uma pressão limite de utilização.

Gonçalves et al (2005) define o revestimento de impermeabilização como: “o conjunto de todos os materiais, componentes e acessórios essenciais para munir a cobertura de uma barreira estanque à água que sobre ele estacione ou circule. No entanto, o revestimento de impermeabilização deve ainda ter outras características fundamentais, como a capacidade de se deformar sem rotura ou fissuração ao longo da sua vida útil, nas condições de exposição previstas, tanto sob a ação das sucções do vento, como acompanhando os eventuais movimentos do seu suporte”.

A argila tem a característica de absorver água e esta característica está diretamente ligada com a durabilidade e resistência dos blocos de terra. Conseqüentemente é considerado importante quantificar a quantidade de água que os blocos absorvem (RIZA et al., 2011). De acordo com Oti, Kinuthia e Bai (2009), a absorção da água tende a diminuir a medida que os blocos de terra vão envelhecendo.

Um dos grandes problemas, se não o maior problema, enfrentado pelos blocos de solo cimento é a sua baixa resistência a ação da água, por se tratar de um bloco composto por apenas por solo, cimento e água quanto mais água o bloco absorver menor será a sua resistência mecânica e maior será a sua susceptibilidade a patologias.

É importante salientar que grande parte dos componentes de uma construção não resiste, ou resiste pouco, ao intemperismo, sofrido devido ação da água, oxigênio, vapores agressivos, gases poluentes, maresia, ozônio, chuvas ácidas, lençol freático, etc. (PIRONDI, 1988). Deste modo é necessário a aplicação de uma camada impermeável na superfície da

estrutura que de acordo com a NBR9575 (2003) a camada impermeável “é o estrato com a função de prover uma barreira à passagem de fluidos.

Uma das exigências básicas de uma edificação é que ela seja durável e a durabilidade é medida de tal forma que a estrutura mantenha as características básicas designadas no projeto ao longo do período de sua vida útil. A falta da impermeabilização ou má execução recomendada para a proteção das estruturas pode acarretar em um surgimento precoce de manifestações patológicas como: sinais de eflorescência, inchaço, mofo, surgimento de fissuras, deterioração precoce dos blocos e etc.

Sabendo das fragilidades do BTC perante a água e com o intuito de poder encontrar o impermeabilizante mais eficaz e viável economicamente, o presente trabalho foca na impermeabilização dos blocos utilizando impermeabilizantes encontrados no mercado local a base de resina acrílica. Os impermeabilizantes adquiridos foram dos seguintes fabricantes: Hydronorth® e Viapol®.

As resinas adquiridas para a impermeabilização dos blocos foram: a resina incolor Hydronorth® e a resina ViaFlex Parede Branca da Viapol®.

Os impermeabilizantes a base de silicatos e resinas são do tipo cristalizantes, ou seja, eles têm a função de preencher a porosidade das alvenarias, bloqueando a umidade ascendente (VIAPOL, 2008).

6. MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 Escopo do Capítulo

O presente capítulo apresenta as normas referentes aos blocos de solo cimento assim como a metodologia utilizada na execução dos blocos, processo de impermeabilização e os testes de absorção de água feito com os blocos já impermeabilizados e também com blocos sem qualquer tipo de impermeabilizante ou aditivo que o conferisse impermeabilização.

6.2 Normas

O BTC, tijolo de solo cimento também conhecido como tijolo ecológico é normatizado pela ABNT. No Brasil, foram publicadas as seguintes normas:

- NBR 8491 (2012) – Tijolo maciço de solo-cimento. Especificação;
- NBR 8492 (2012) – Tijolo maciço de solo-cimento – Determinação da resistência à compressão e da absorção de água. Método de ensaio;
- NBR 10832 (1989) – Fabricação de tijolo maciço de solo-cimento com a utilização de prensa manual. Procedimento
- NBR 10833 (2012) – Fabricação de tijolo maciço e bloco vazado de solo-cimento com a utilização e prensa hidráulica. Procedimento
- NBR 10834 (2012) – Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutura. Especificação;
- NBR 10835 (1994) – Bloco vazado de solo cimento sem função estrutural – Forma e dimensões
- NBR 10836 (2013) – Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural – Determinação da resistência à compressão e da absorção de água

6.3 Materiais

Para executar os blocos, primeiramente deve-se separar os seguintes materiais:

- Água;
- Balança;
- Betoneira;
- Cimento CII;
- Estufa;
- Luvas;

- Máscara;
- Pá;
- Peneira;
- Pincel;
- Prensa manual;
- Recipientes de alumínio;
- Regador;
- Resina acrílica branca Viaflex Parede;
- Resina acrílica Hydronorth;
- Solo natural.

6.4 Processo de execução

I. Caracterização do solo

Os testes de caracterização foram realizados para obter a granulometria e os limites de consistência do material que se iria trabalhar. Os resultados obtidos nos testes são mostrados nas tabelas a seguir

Tabela 6 – Resultado dos limites de consistência

Limites de Consistência	
LL	31,1%
LP	23,1%
IP	8%

Fonte: O autor (2019)

Tabela 7 – Resultado da granulometria

Granulometria				
Espessura da peneira (mm)	Retido (g)	Retido (%)	Tipo de Solo	% Por tipo de solo
1,2	6,24	6%	Areia	63%
0,6	16,24	16%		
0,42	16,6	17%		
0,3	7,79	8%		
0,15	15,82	16%		
0,074	6,05	6%	Silte/Argila	37%

< 0,074	31,26	31%		
---------	-------	-----	--	--

Fonte: O autor (2019)

De acordo com os autores Rigasi (1985), Barbosa (1996) e Delgado (2007) os resultados da granulometria e dos limites de consistência estão dentro da margem estabelecida como satisfatória para a utilização na fabricação do BTC.

II. Peneirar o solo

O solo encontrava-se em grandes sacos dispostos pelo LABEME com auxílio de uma pá o solo foi colocado na peneira, peneirado e depois foi colocado em recipientes adequados que resistissem a temperaturas superiores a 100°C.

III. Secar o solo

Uma vez devidamente colocados em recipientes adequados ao calor o solo foi deixado secando por um período de 24 horas na estufa.

Figura 13 –Solo peneirado disposto em bandejas e colocado na estufa



Fonte: O autor (2019).

IV. Pesagem dos elementos separadamente

Após o processo de secagem do solo, todos os elementos que compõem os blocos foram pesados, como mostrado nas Figuras 14, 15 e 16, e posteriormente misturados de acordo com o seguinte traço. Para cada 15kg de solo, 10% do peso do solo será de cimento, a ideia inicial era de utilizar um fator água/cimento igual a 1, ou seja, 1,5kg de água. Como a

mistura não obteve a consistência desejada no teste da mão, foi acrescentado mais água gradualmente a mistura e chegou no valor de mais 0,75kg de água, totalizando 2,25kg de água ou aproximadamente 2,25 litros

O tipo de cimento utilizado na confecção dos blocos foi o cimento Portland CII F32, o saco do cimento utilizado é mostrado na Figura 19.

Figura 14 – Pesagem do solo



Fonte: O autor (2019)

Figura 15 – Pesagem do cimento



Fonte: O autor (2019).

Figura 16 – Pesagem da água



Fonte: O autor (2019)

Figura 17 – Saco do cimento utilizado



Fonte: O autor (2019)

V. Procedimento de Mistura do Material Seco

Antes da utilização da betoneira é de extrema importância a verificação se a mesma se encontra limpa e sem a presença de qualquer tipo de material orgânico ou qualquer outro tipo de material. Após sua limpeza, adiciona-se o solo seco e deixa o mesmo girar por alguns segundos e em seguida o cimento é adicionado ao solo seco e novamente deixa a mistura girando na betoneira. O cimento utilizado na mistura foi do tipo CII F32.

VI. Adição da água

Com a betoneira em funcionamento, adiciona a água gradativamente com o auxílio de um regador, como mostrado na Figura 18.

Figura 18 – Adição da água à mistura seca.



Fonte: O autor (2019).

VII. Teste da mão

Uma vez adicionada a água, deve-se fazer o teste da mão que consiste em pegar um pouco da mistura com as mãos e fechar a mão formando um bolo da mistura. Ao abrir a mão o bolo não deve se modificar e ao soltar na betoneira o mesmo deve se quebrar. Como mostrado na Figura 19.

Figura 19 – Teste da mão



Fonte: O autor (2019).

VIII. Moldagem dos Blocos

A prensa utilizada na compactação do bloco foi a prensa mecânica Eco Brava, mostrada na Figura 20. O processo de utilização foi o seguinte: primeiramente colocar a mistura retirada da betoneira na parte superior do equipamento indicada Figura 21.

Figura 20 – Prensa mecânica Eco Brava.



Fonte: O autor (2019).

Figura 21 - Parte superior da prensa.



Fonte: O autor (2019).

Uma vez colocada a mistura na prensa, existe uma alavanca na parte direita do equipamento onde a mesma deve ser baixada até o seu fim de modo a baixar o molde para que seja possível colocar a mistura do solo dentro do espaço para moldagem. A alavanca está destacada na Figura 22.

Figura 22 – Alavanca da prensa



Fonte: O autor (2019)

Uma vez que a mistura já foi introduzida no molde a prensa é fechada e a alavanca é levantada para que o bloco seja compactado. Uma vez finalizado esse processo, baixa a alavanca para que o molde abaixe e libere a abertura da prensa, no fim deste processo o bloco é fabricado. O processo descrito anteriormente é mostrado nas Figuras 23, 24, 25 e 26.

Figura 23 – Introdução da mistura no molde



Fonte: O autor (2019)

Figura 24 – Mistura dentro do molde



Fonte: O autor (2019)

Figura 25 – Comporta fechada para a compactação



Fonte: O autor (2019).

Figura 26 – Comporta aberta após a compactação



Fonte: O autor (2019).

IX. Retirada do bloco

O bloco deve ser retirado usando toda a superfície da palma da mão a fim de não causar danos ao bloco recém compactado. Como mostrado na Figura 27

Figura 27 – Retirada do bloco utilizando toda a superfície da mão



Fonte: O autor (2019).

X. Cura

O processo de cura realizada se deu em duas etapas: a etapa molhada e a etapa seca. Na etapa molhada os blocos foram dispostos lado a lado em cima de uma estrutura de madeira e foram cobertos por uma lona, o autor se dirigia ao local onde se localizavam os blocos e com o auxílio de um regador molhava todos os blocos e daí cobria-se novamente com a lona afim de manter a humidade necessária dentro do bloco. Este processo se deu durante os

primeiros sete dias. A Figura 28 mostra a disposição dos blocos durante o processo da cura úmida.

Figura 28 – Disposição dos blocos na cura úmida



Fonte: O autor (2019).

Na etapa seca a lona foi retirada e os blocos foram mudados de local onde os mesmos encontravam-se protegidos do sol e da chuva.

6.5 Impermeabilização

A impermeabilização foi realizada nos blocos de número 1 a 14, onde os blocos de 1 a 7 receberam a resina incolor da marca Hydronorth® e os blocos de 8 a 14 receberam a manta líquida Viapol® Viaflex Parede.

6.5.1 Resina Hydronorth®

Segundo o fabricante Hydronorth® (2019) é a primeira resina ecológica do Brasil, é uma resina acrílica impermeabilizante a base de solventes menos agressivos ao usuário e ao meio ambiente além de apresentar odor reduzido e ser disponível em cores, incolor ou brilhante fosco.

A aplicação do produto se deu da seguinte forma:

- i. Limpeza da superfície;
- ii. Primeira demão: com o auxílio de um pincel passar a resina por toda a superfície;
- iii. Segunda demão: 6 horas após a primeira demão foi repetido o processo de passar o produto por todas as faces dos blocos

O processo de aplicação assim como o aspecto visual resultante deste processo pode ser visto nas Figuras 29 e 30

Figura 29 – Aplicação da resina incolor.



Fonte: O autor (2019).

Figura 30 – Aspecto visual pós aplicação da resina Hydronorth®



Fonte: O autor (2019).

6.5.2 Resina Viapol® Viaflex Parede

A resina Viaflex parede é um revestimento impermeabilizante acrílico da marca Viapol®, utilizado especialmente para infiltrações de água provocadas pelas chuvas em superfícies verticais externas, que segundo o fabricante é um produto flexível que possui tripla característica de desempenho são: selador, impermeabilizante e pintura convencional.

Ainda segundo o fabricante a primeira demão do produto serve como selador, a segunda demão como impermeabilizante e a terceira demão como pintura convencional. Para

o presente estudo a sua aplicação se deu da mesma forma que a resina incolor. As figuras 31 e 32, mostram o processo de aplicação e o aspecto visual resultante, respectivamente.

Figura 31 – Aplicação da resina branca.



Fonte: O autor (2019).

Figura 32 – Aspecto visual pós aplicação da resina ViaFlex Parede.



Fonte: O autor (2019).

6.6 Testes de absorção de água

6.6.1 Teste por imersão

A norma regulamentadora que dita as diretrizes da determinação da absorção d'água em blocos de solo-cimento é a NBR 8492 (2012). Para a execução do ensaio são necessários os seguintes aparelhos:

- Balança com capacidade de 10kg e com resolução d 1g;
- Estufa capaz de manter a temperatura entre 105°C e 110°C;
- Tanque destinado a imersão de corpos-de-prova em água à temperatura ambiente em torno de 25 a 30 graus Celsius.

O início do processo foi no dia 22 de abril de 2019, onde os blocos foram pesados e foram feitas anotações com os valores do peso com umidade presente, após a pesagem os blocos foram levados a estufa e mantidos entre as temperaturas recomendadas na NBR8492 (2012) pelo período de 24 horas, posteriormente no dia 23 de abril de 2019 os blocos foram pesados novamente para se obter o peso do bloco do bloco seco. Como mostrado nas Figuras 33 e 34.

Figura 33 – Pesagem do bloco após compactação.



Fonte: O autor (2019).

Figura 34 – Pesagem do bloco após 24h na estufa.



Fonte: O autor (2019).

Os valores das pesagens inicial dos blocos são mostrados na tabela 8 a seguir:

Tabela 8 – Pesagem dos blocos

Bloco	Peso Úmido Inicial (g)	Peso Seco (g)
B1	3440,0	3265,5
B2	3365,0	3210,0
B3	3480,0	3335,7
B4	3345,0	3125,0
B5	3355,0	3145,0
B6	3230,0	3105,0
B7	3420,0	3291,0

B8	3205,0	3065,0
B9	3340,0	3175,0
B10	3355,0	3165,0
B11	3370,0	3292,9
B12	3220,0	3128,2
B13	3395,0	3320,4
B14	3210,0	3075,0
B15	3505,0	3417,3
B16	3240,0	3085,0

Fonte: O autor (2019).

Após a pesagem, foi dado início ao processo de impermeabilização no mesmo dia. O processo foi realizado conforme indicações dos fabricantes descritas anteriormente e foram deixados para secar pelo período de 30 horas, devido seu aspecto visualmente seco.

No dia 25 de abril de 2019, entraram no tanque para realização do processo de imersão. Os blocos utilizados para o teste de imersão foram: B2, B4, B5, B6, B8, B9, B10, B14, B16. A Figura 35 mostra os blocos durante o teste de imersão.

Figura 35 - Blocos dentro da água.



Fonte: O autor (2019).

Após o período de 24 horas imersos, no dia 26 de abril de 2019, com o auxílio de um pano úmido foi enxugado superficialmente e pesados antes de decorridos 3 minutos obtendo-se assim a massa do corpo-de-prova úmido em gramas conforme recomendado por norma.

Para determinar o percentual de água absorvida nos blocos foi utilizado a equação:

$$A = \left(\frac{M_2 - M_1}{M_1} \right) * 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde: M1 – Peso do solo seco

M2 – Peso do solo saturado

A – Percentual de água absorvido

6.6.2 Teste por capilaridade

Os ensaios de absorção de água por capilaridade foram baseados no procedimento elencados no manual *Compressed Earth Blocks – Testing Procedures*, elaborado conjuntamente pelo *Centre for the Development of Enterprise (CDE) – ACP – EU*, pelo, *CRATerre – EAG* e pelo *National Engineering Institute for Public Works of Lyon (ENTPE)*, com assistência da *African Regional Organization for Standardization (ARSO)*, em 2000

Para a execução do teste foi necessária a seguinte aparelhagem:

- Água;
- Balança com precisão de 1g;
- Cronometro;
- Frasco para poder adicionar mais água se necessário;
- Hastes de metal;
- Pano;
- Recipiente;
- Régua graduada em milímetros.

No Brasil não existe uma norma regulamentadora que defina o procedimento deste ensaio, logo o manual de procedimentos citado anteriormente foi utilizado como base. Segundo o manual o procedimento é da seguinte maneira:

- i. Secagem dos blocos até que o seu peso se mantenha constante;
- ii. Coloca os blocos na posição em que os mesmos seriam utilizados na construção;
- iii. Deixa os blocos para estabilizar o peso por 6 horas
- iv. Pesagem dos blocos secos para obtenção dos respectivos pesos secos;
- v. Medir as dimensões dos blocos e a superfície de contato em cm;
- vi. No recipiente selecionado, posicionar as hastes e assentar os blocos de tal maneira que a face não encoste no fundo do recipiente e encher de água até que a face do bloco esteja 5mm submersa;
- vii. Verificar se a quantidade de água absorvida alterou a altura da lâmina d'água, se sim completar até que a face do bloco esteja 5mm submersa;
- viii. Após 10 minutos, remover o bloco da água e secar com o pano
- ix. Pesar o bloco para obtenção do peso do bloco úmido em gramas.

Uma vez feito o procedimento, calcular o coeficiente de absorção de água por capilaridade (C_b) para cada bloco, o cálculo do coeficiente é feito através da fórmula:

$$C_b = \frac{100*(mh-md)}{S\sqrt{t}} \quad (\text{Eq.3})$$

Onde:

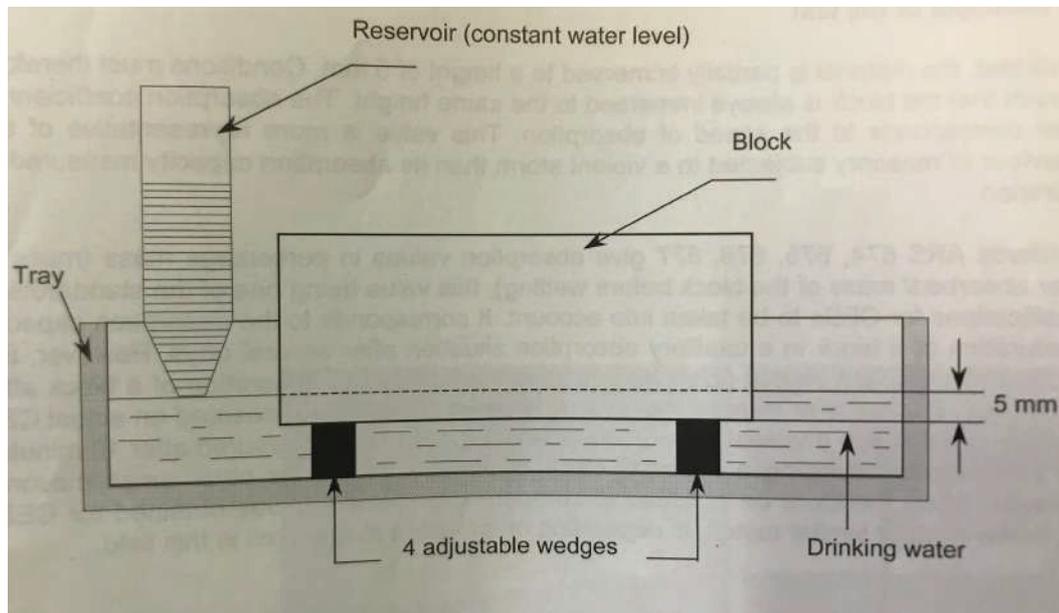
C_b – Coeficiente de absorção de água por capilaridade;

$(mh - md)$ – Peso da água absorvida pelo bloco em gramas;

S – Área da superfície em contato com a água em cm^2 ;

T – Tempo de duração da imersão do bloco, em minutos.

Figura 36 – Modelo do ensaio de capilaridade



Fonte: Compressed Earth Blocks – Testing Procedures (2000).

7. Resultados e Discussões

Os resultados obtidos no primeiro teste de imersão são mostrados na tabela 9.

Tabela 9 – Resultados do teste de imersão

TESTE DE IMERSÃO 1					
Tipo de Impermeabilizante	Bloco	Peso Seco (g)	Peso Saturado (g)	P2-P1 (g)	Absorção
NENHUM	B16	3085	3725	640	17%
HYDRONORTH®	B2	3210	3855	645	17%
	B4	3125	3770	645	17%
	B5	3145	3785	640	17%
	B6	3105	3740	635	17%
VIAPOL®	B8	3065	3730	665	18%
	B9	3175	3825	650	17%
	B10	3165	3850	685	18%
	B14	3075	3745	670	18%

Fonte: O autor (2019)

Os resultados obtidos no ponto de vista normativo se enquadram no limite de médio de até 20% de absorção da água, como mostrado na tabela 10 abaixo. Porém devido o aspecto visualmente seco dos blocos não foi respeitado o período superior a 72 horas entre a secagem do impermeabilizante e a realização do primeiro teste de imersão, o que pode ter ocasionado alteração nos resultados finais. Os resultados também mostram que tanto o impermeabilizante da marca Hydronorth quanto da marca Viapol® não surtiram efeito algum nos blocos de solo cimento visto que o percentual de absorção dos blocos impermeabilizados foi o mesmo do bloco que não recebeu qualquer camada de impermeabilizante. Porém mesmo com os resultados não sendo tão expressivos ainda estão de acordo com a norma NBR 8491 (2012) como mostrado na Tabela 10.

Tabela 10 – Limites especificados pela NBR 8491 (2012).

CARACTERÍSTICA	EXIGÊNCIA NBR 8491 (2012)
Absorção de Água	Valor Médio $\leq 20\%$
	Valor Individual $\leq 22\%$

Fonte: NBR 8491 (2012)

O segundo teste realizado foi o teste de capilaridade realizado com os blocos: B1, B3, B7, B11, B12, B13, B15. A seguir as Figuras 37, 38, 39 e 40 mostram o processo do teste de capilaridade onde os resultados são mostrados na tabela 11. Também foram tiradas medidas da altura que a água sobe nos blocos após o teste de capilaridade, os resultados obtidos são mostrados na tabela 12.

Figura 37 – Pesagem bloco seco



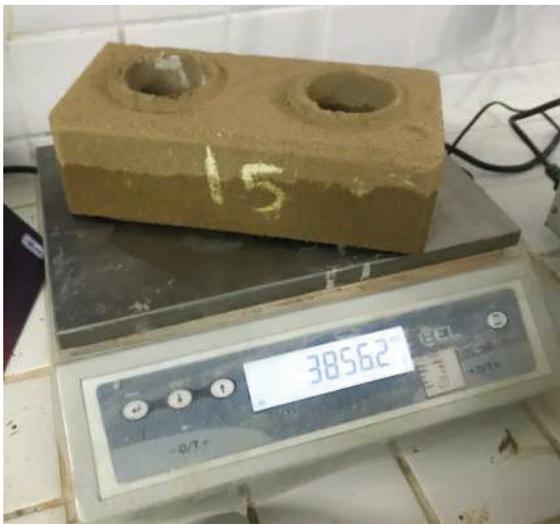
Fonte: O autor (2019).

Figura 38 – Execução do teste de capilaridade.



Fonte: O autor (2019).

Figura 39 – Pesagem após teste de capilaridade



Fonte: O autor (2019).

Figura 40 – Medição da altura que a água subiu após o teste



Fonte: O autor (2019).

Tabela 11 – Resultados do teste de Capilaridade

Teste de capilaridade							
Tipo de Impermeabilizante	Bloco	Peso Seco (g)	Peso Úmido (g)	S (cm ²)	Md-Mh (g)	Cb	Cb médio
NENHUM	B15	3417,3	3856,2	79,5	438,9	174,58	174,58
HYDRONORTH®	B1	3265,5	3290,5	79,5	25	9,94	10,70
	B3	3335,7	3365,8	79,5	30,1	11,97	
	B7	3291	3317,9	79,5	26,9	10,70	
VIAPOL®	B11	3292,9	3345,7	79,5	52,8	21,00	30,51
	B12	3128,2	3211,1	79,5	82,9	32,98	
	B13	3320,4	3397,1	79,5	76,7	30,51	

Fonte: O autor (2019).

Tabela 12 – Altura da água nos blocos.

Altura da água		
Tipo de Impermeabilizante	Bloco	h (cm)
NENHUM	B15	4
HYDRONORTH	B1	1,2
	B3	1,5
	B7	1,1
VIAFLEX BRANCO	B11	1,5
	B12	1,3
	B13	1,3

Fonte: O autor (2019).

Para o teste de capilaridade os blocos tiveram um tempo de secagem superior em relação ao teste de imersão, foram mais de 5 dias de secagem, ou 120 horas desde a aplicação dos impermeabilizantes, então é possível visualizar que os resultados não foram compatíveis com os resultados obtidos no teste de imersão. O coeficiente de absorção do bloco sem impermeabilizante foi quase 6 vezes maior quando comparado a resina da Viapol® e mais de 17 vezes maior quando comparado a resina incolor da marca Hydrnorth®. Logo pode-se

dizer que o período de 120 horas é suficiente para que os impermeabilizantes atuem nos blocos e obtenham resultados satisfatórios.

No comparativo entre as duas resinas a Hydronorth® apresenta melhores resultados, pois a mesma possui o coeficiente de absorção 3 vezes menor que a resina da marca Viapol®.

Após o teste de capilaridade os blocos foram levados a imersão para verificar como os mesmos iriam se comportar agora que os impermeabilizantes já estavam atuando nos blocos. Os resultados obtidos no teste de imersão com os blocos B1, B3, B7, B11, B12, B13, B15 são mostrados nas figuras e na tabela a seguir:

Figura 41 – Peso Bloco nº 3 Seco



Fonte: O autor (2019).

Figura 42 – Peso Bloco nº 3 Saturado



Fonte: O autor (2019).

Figura 43– Peso do Bloco nº 11 Seco



Fonte: O autor (2019)

Figura 44 – Peso do Bloco nº 11 Saturado



Fonte: O autor (2019)

Figura 45 – Peso do Bloco nº 15 Saturado



Fonte: O autor (2019).

O segundo teste de imersão foi feito com os blocos que tiveram um tempo de secagem bem superior ao primeiro teste, foram mais de 72 horas desde a aplicação do impermeabilizante até o teste. Os resultados mostrados na tabela anterior mostram uma diferença mínima entre a absorção média utilizando os impermeabilizantes para a absorção com o bloco in natura, a diferença foi de menos de 1%, mesmo seguindo as recomendações dos fabricantes a risca os impermeabilizantes não funcionam perante a ação contínua da água por muitas horas. Como mostrados na Tabela 13.

Tabela 13 – Resultados do segundo teste de imersão

TESTE DE IMERSÃO 2						
Tipo de Impermeabilizante	Bloco	Peso Seco (g)	Peso Saturado (g)	P2-P1 (g)	Absorção	Média
NENHUM	B15	3417,3	4081	663,7	16,3%	16,3%
HYDRONORTH®	B1	3265,5	3868,6	603,1	15,6%	15,6%
	B3	3335,7	3936,1	600,4	15,3%	
	B7	3291	3917,4	626,4	16,0%	
VIAPOL®	B11	3292,9	3902,1	609,2	15,6%	15,9%
	B12	3128,2	3734,2	606	16,2%	
	B13	3320,4	3946	625,6	15,9%	

Fonte: O autor (2019).

8. Conclusão

Os resultados dos testes com os impermeabilizantes foram esclarecedores, com os resultados pode-se concluir que o uso dos tijolos de solo-cimento é mais indicado para áreas mais secas e com pouca incidência de chuva, uma vez que os impermeabilizantes funcionam, mas se submetidos a ação da água prolongada, os mesmos perdem a sua eficácia e os resultados ficam praticamente os mesmos do que se não tivesse passado substância alguma no bloco.

O teste de capilaridade simula o que seria a ação da chuva perante os blocos, foi notado que para a ação da chuva fraca a moderada, ou seja, quando submetido a ação da água por um curto espaço de tempo a resina Hydronorth® funcionou muito bem e ainda absorveu quase 3 vezes menos água que a resina da Viapol®. As alturas com o que a água subia pelos blocos foram praticamente as mesmas, mas a absorção obteve diferenças significativas.

Na questão da viabilidade econômica o litro da resina Hydronorth® custou R\$21,12 enquanto que a Viapol® custou R\$18,10, a diferença de aproximadamente R\$3,00 faz com o que o consumidor leve para a ponta do lápis qual o tamanho da área que vai ser impermeabilizada, qual a incidência de chuva e água haverá naquele local e se o consumidor irá utilizar algum tipo de coloração ou não.

Pode-se concluir que do ponto de vista da eficácia em repelir a água a resina Hydronorth® superou a sua concorrente nos dois testes de absorção de água executados, enquanto que a ViaFlex Parede Branco da Viapol® supera a sua concorrente no quesito acabamento e preço. Como futuro profissional da construção civil, o autor recomendaria o uso da Hydronorth® uma vez que mesmo sendo um pouco mais cara o seu resultado foi bem superior que a concorrente e que sabendo da grande quantidade de problemas causados pela água, a segurança e a durabilidade da estrutura devem vir em primeiro lugar.

9. Sugestões para os próximos trabalhos

Para os próximos trabalhos sugiro trabalharem com outras marcas de resina ou outras substâncias impermeabilizantes. No caso de trabalhos com as mesmas marcas do presente trabalho sugiro dar 4 demãos e deixar secar por um período de 120 dias para verificação se existe mudança real nos resultados de imersão. Sugiro também fazer um teste em que blocos fossem retirados em períodos diferentes de tempo da água como 1, 4, 6, 12, 24 horas para analisar melhor em até quanto tempo submerso os impermeabilizantes mantêm sua ação.

10. Referências

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10834:2012 – **Fabricação de Tijolo de solo-cimento com a utilização de prensa manual ou hidráulica**. Rio de Janeiro, Brasil: ABNT.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 8491:2012 – **Tijolo de solo cimento — Requisitos**. Rio de Janeiro, Brasil: ABNT
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10836:1993 **Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural - Determinação da resistência à compressão e da absorção de água método de ensaio**. Rio de Janeiro.
- Adam, E. a. (2001). **Compressed Stabilized earth Block Manufacturing in Sudan - UNESCO**
- Artesano LLC. (2011). **Earth Plaster Systems** [online][viewed 3/1/2012]. Disponível em: <http://www.artesano-home.com/earth.html> *blocks*. University of the Witwatersrand.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12024 – Solo cimento – Moldagem e cura dos corpos de prova cilíndricos - Procedimento**
- BARBOSA, N. P. e MATTONE, R. – **Construção em Terra. I Seminário Ibero Americano de Construção em Terra**, Salvador, BA, 2002.
- BARBOSA, N. P.; TOLEDO FILHO, R. D.; GHAVAMI, K (1997). **Construção com terra crua**. In: TOLEDO FILHO, R. D.; NASCIMENTO, J. B. W. GHAVAMI, K. (Ed.). *Materiais de construção não convencionais*. [S. l.]: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, Lavras, p. 113-144.
- CDI and CRATerre-EAG/ODA. (1998). **Compressed earth blocks standards, series technologies nr 11**.
- CMMAD (1991) – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso futuro comum**. 2a ed. Tradução de Our common future. 1a ed. 1988. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas.
- Gonçalves, Manuela; Grandão Lopes, Jorge; Brito, Jorge de; Lopes, Maria da Graça. **Características das Membranas de Impermeabilização de Coberturas em Terraço**. Universidade do Minho, 2005.
- GUILLAUD Hubert, HOUBEN Hugo (1989). **Traité de Construction en Terre**. **Marseille: Editions Parenthèses**.
- Kakizawa, Y. (2007). **Concepts and Innovations Construction of a Three –**

Dimensional.

- Kerali, A. G. (2001). *Durability of Compressed and Cement-Stabilised Building Blocks*. University of Warwick, School of Engineering.
- Little et al., B. (2001). *Building with earth in Scotland: Innovative Design and Sustainability*. Scottish Executive.
- Lourenço, P. (2002). **Construções em Terra**. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico.
- Motta, M. (1997). **Construções Rurais em Alvenaria de Terra Crua no Baixo Alentejo**. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico
- NEVES, C. M. M. e FARIA O. B (2011). **Técnicas de Construção com Terra**. Bauru-SP, FEBUNESP/ PRO-TERRA.
- NITO, M. K. S.; AMORIM, A. M. M. C. **Sistemas construtivos em terra crua: panorama da América Latina nos últimos 30 anos e suas referências técnicas históricas**. In: CASTRO, Ana; ASSAL, Marianna Boghosian Al. Revista Cadernos de Pesquisa da Escola da Cidade. São Paulo: Editora da Cidade, 2015. p. 11-18.
- Oti, J. Kinuthia, J. and J. Bai. (2009). **Engineering properties of unfired clay masonry bricks**, *Journal of Engineering Geology*, 107(3-4): 130-139
- Pacheco-Torgal et al., F. (2009). **A construção em Terra**. TecMinho.
- PENTEADO, P. T.; MARINHO R. C (2011). **Análise Comparativa de Custo e Produtividade dos Sistemas Construtivos: Alvenaria de Solo-Cimento, Alvenaria com Blocos Cerâmicos e Alvenaria Estrutural com Blocos de Concreto na Construção de uma Residência Popular**. Monografia. Curitiba - PR: Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- QUERUZ (2007). F. **Contribuição para identificação dos principais agentes e mecanismos de degradação em edificações da Vila Belga**. *Santa Maria: UFSM*, 2007. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria.
- Rigassi, V. (1985). **Compressed Earth Blocks : Manual of Production**. CRAterre-EAG, GATE (Vol. I).
- Rix, C. G. (1998). **Stabilisation of a highly plastic clay soil for the production of compressed Earth**.
- Riza, F. Rahman, I. and A. Zaidi. (2011). **Australian Journal of Basic Applied Sciences**.
- Silva et al., R. A (2013). **Rammed earth construction with granitic residual soils:**

The case study of northern Portugal, *Construction and Building Materials*

- Silva, M (2015). **Blocos de Terra Compactada com e sem materiais cimentícios.** Instituto Técnico de Lisboa. Technical Note No. 12. *Organization*, 101.
- Verçoza (1991), E.J. **Patologia das Edificações.** Porto Alegre, Sagra,.
- Wilson, G. et al (1995). **The prediction of evaporative fluxes from unsaturated soil surfaces.** France.