

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

BLOCO DE ADOBE:
EFEITOS DA ADIÇÃO DE FIBRA DO EPICARPO
DO BABAÇU

FRANCISCO ARMOND DO AMARAL

São Luís

2017

FRANCISCO ARMOND DO AMARAL

BLOCO DE ADOBE:
EFEITOS DA ADIÇÃO DE FIBRA DO EPICARPO
DO BABAÇU

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design, da Universidade Federal do Maranhão, para obtenção do título de Mestre em Design.

Orientador: Prof. Dr. Denilson Moreira Santos.

São Luís – MA
2017

Amaral, Francisco Armond do.

Bloco de Adobe : Efeitos da Adição de Fibra do Epicarpo do Babaçu / Francisco Armond do Amaral. - 2017.

68 f.

Orientador(a): Denilson Moreira Santos. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Design/ccet, Universidade Federal do Maranhão, São Luis, 2017.

1. Bloco de Adobe. 2. Fibra do Babaçu. 3. Sustentabilidade. I. Santos, Denilson Moreira. II. Título.

FRANCISCO ARMOND DO AMARAL

**BLOCO DE ADOBE:
EFEITOS DA ADIÇÃO DE FIBRA DO EPICARPO
DO BABAÇU**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design, da Universidade Federal do Maranhão, para obtenção do título de Mestre em Design.

Orientador: Prof. Dr. Denilson Moreira Santos.

Aprovada em: ____ / ____ / 2017.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Denilson Moreira Santos (Orientador)
Doutor em Química
DEDET/ Universidade Federal do Maranhão

Profa. Dra. Patrícia Silva Azevedo de Mendoza
Doutora em Recursos Florestais
DEDET/ Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Sanatiel de Jesus Pereira
Doutor em Engenharia Florestal
DEDET/ Universidade Federal do Maranhão

Profa. Dra. Ingrid Gomes Braga (UEMA)
Doutora em Conservação e Restauração de Bens Culturais
DAU/ Universidade Estadual do Maranhão

*À Lucianne e José Luiz,
que caminharam comigo ao
longo desta jornada.*

AGRADECIMENTOS

Ao professor Denilson Moreira Santos, pela orientação, valiosas sugestões, atenção e paciência durante a pesquisa.

Aos professores do Mestrado em Design da Universidade Federal do Maranhão, pelo interesse e esforços em prol do programa.

Ao CNPq pelo auxílio financeiro.

Aos colegas e funcionários do Mestrado, pela convivência e amizade, das quais jamais esquecerei. Em especial a Waldeilson Paixão e Ricardo Jessé, pela ajuda e incentivo.

Aos amigos, que entenderam a minha ausência.

A minha família, pelo apoio e por sempre acreditar em mim.

RESUMO

Uma das formas mais antigas de construir utiliza como matéria prima a terra. Utilizada nas mais variadas formas, seca, úmida, diluída em água, pura ou misturada a outros materiais, resulta em construções que atravessam séculos e resistem até os dias de hoje. Mesmo com o avanço tecnológico, ainda hoje muito se constrói com terra em todo o mundo. O babaçu, palmeira nativa do cerrado brasileiro, está ligado diretamente à vida do sertanejo, principalmente do nordeste, seja por suas potencialidades econômicas ou simplesmente por sua presença imponente na paisagem. Para se verificar os efeitos de se adicionar ao bloco tradicional de adobe a fibra do epicarpo do babaçu, foi necessário obter os materiais, terra e babaçu, caracterizá-los, e produzir os blocos de forma tradicional em diversas concentrações. Foram produzidos 30 blocos em cinco concentrações diferentes. Os blocos foram preparados segundo a norma NBR 8492/1984 e ensaiados conforme a Proposta de Norma Brasileira de Construção com Adobe. Os resultados mostraram benefícios quanto ao peso, coesão e resistência mecânica a compressão. Alguns blocos com fibra do epicarpo do babaçu atenderam à critérios da Proposta de Norma Brasileira de Construção com Adobe.

Palavras-chave: Bloco de Adobe, Fibra do Babaçu, Sustentabilidade.

ABSTRACT

One of the oldest forms of construction. Used in the most varied forms, dry, wet, diluted in water, pure or mixed with other materials, it results in constructions that cross sections and resist to the present day. Even with technological advancement, it is still very much built with earth around the world today. The babaçu, native palm of the Brazilian savana, is directed directly to the life of the coutry man, mainly of the northeast, by its economic potentialities or simply by its imposing presence in the landscape. In order to verify the effect of adding an adobe block to the fiber of the epicenter of the babaçu, it was necessary to obtain the materials, soil and babaçu, to characterize them and to produce blocks of traditional form in diverse concentrations. 30 blocks were performed at five different concentrations. The blocks were prepared according to the norm NBR 8492/1984 and tested according to the Proposal of Brazilian Standard of Construction with Adobe. The results showed benefits regarding weight, cohesion and mechanical resistance to compression. Some blocks with fiber optics for the treatment of babaçu are recommended by the Proposal of Brazilian Standard of Construction with Adobe.

Keywords: Adobe Block, Babaçu fiber, Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Construções de adobe na cidade de Shibam do lémen	18
Figura 02 - Construção com blocos de adobe	24
Figura 03 – Cacho do fruto do babaçu	25
Figura 04 – Fruto do babaçu	27
Figura 05 – Associação das quebradeiras de coco babaçu de Itapecuru-Mirim	28
Figura 06 - Depósito a céu aberto de casca de coco babaçu	29
Figura 07 – Local de extração da amostra de terra	29
Figura 08 – Casca do babaçu	31
Figura 09 – Triturador forrageiro	31
Figura 10 – Fibra do epicarpo do babaçu	32
Figura 11 – Curva granulométrica	34
Figura 12 - Produção do bloco de adobe moldado.....	36
Figura 13 - Sequência de moldagem de um bloco de adobe	37
Figura 14 - Bloco T20F13 sendo pesado	37
Figura 15 - Ensaio de compressão mecânica	38
Figura 16 - Irregularidades superficiais dos blocos de adobe	39
Figura 17 - Bandeja com 6 blocos código T10F Teste de cor	40
Figura 18 - Teste campo de sedimentação	41
Figura 19 - Teste da tira	42
Figura 20 - Teste de retração	42
Figura 21 - Teste de retração com as cinco amostras	43
Figura 22 - Teste da bola antes e depois do lançamento	44
Figura 23 - Teste da bola com as cinco amostras.....	45
Figura 24 - Teste da bola com sobreposição da imagem antes e depois do lançamento.....	45

Figura 25 - Mistura tradicional da massa do adobe.....	46
Figura 26 - Mistura manual da fibra do epicarpo do babaçu com a massa do adobe ...	47
Figura 27 - Forma do adobe.....	48
Figura 28 - Curva granulométrica da amostra Araçagy	49
Figura 29 - Bloco T40F29 antes (A) e depois (B) do ensaio de RCM	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Códigos das proporções de terra / fibra do epicarpo do babaçu	46
Tabela 02 - Granulometria das amostras de terra	49
Tabela 03 - Pesagem dos blocos	50
Tabela 04 - Resultado do ensaio de RCM dos blocos T0F	52
Tabela 05 - Resultado do ensaio de RCM dos blocos T10F	53
Tabela 06 - Resultado do ensaio de RCM dos blocos T20F	53
Tabela 07 - Resultado do ensaio de RCM dos blocos T30F	53
Tabela 08 - Resultado do ensaio de RCM dos blocos T40F	54
Tabela 09 – Resistência característica (fak) dos blocos de adobe ensaiados	56

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 - Sistemas de construção que utilizam a terra como matéria prima	20
Gráfico 02 - Resultado do teste de retração com as cinco amostras	43
Gráfico 03 - Peso médio dos blocos	50
Gráfico 04 - Peso - Desvio padrão	51
Gráfico 05 - RCM Média dos blocos	54
Gráfico 06 - RCM - Desvio padrão	55

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE GRÁFICOS

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. Contextualização	15
1.2. Objetivo Geral	16
1.3. Objetivos Específicos	16
1.4. Justificativa	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1. Terra.....	18
2.1.1. Técnicas de Construção com terra.....	19
2.1.2. Adobe	23
2.2. Babaçu	25
3. MATERIAIS E MÉTODOS EXPERIMENTAIS.....	28
3.1. Materiais	28
3.1.1. Babaçu	28
3.1.2. Terra	29
3.2. Métodos Experimentais	30
3.2.1. Obtenção da Fibra do Epicarpo do Babaçu	30
3.2.2. Testes de Campo	31
3.2.3. Análise Granulométrica (Laboratório)	33

3.2.4. Produção dos Blocos de Adobe	34
3.2.5. Ensaio de Resistência à Compressão Mecânica dos Blocos de Adobe (Laboratório)	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1. Resultados Preliminares	38
4.2. Discussão dos resultados obtidos nos testes de campo	39
4.2.1. Teste de Cor	39
4.2.2. Teste de Odor	39
4.2.3. Teste de Mordedura	39
4.2.4. Teste de Sedimentação	40
4.2.5. Teste da Tira	40
4.2.6. Teste de Retração	41
4.2.7. Teste da Bola	43
4.3. Produção dos Blocos de Adobe Moldado.....	45
4.4. Discussão dos Resultados Obtidos nos Ensaio de Laboratório	47
4.4.1. Análise Granulométrica	47
4.4.2. Pesagem	48
4.4.3. Resistência à Compressão Mecânica (RCM)	49
5. CONCLUSÃO	54
5.1. Sugestões para pesquisas futuras	55
REFERÊNCIAS.....	56
ANEXOS	58

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

Estima-se que hoje, um terço da população vive em habitações construídas com terra (MINKE, 2015), porém o número de construções adequadas que utilizam esta matéria prima vem diminuindo em ritmo acelerado, devido à busca por materiais “modernos”, como o metal e o concreto. Este fenômeno é observado principalmente em centros mais desenvolvidos por consequência do desenvolvimento tecnológico. Muitos estudos vêm sendo desenvolvidos para provar a eficácia da terra como material de construção, segundo Minke (2015) atualmente tem-se desenvolvido técnicas que propiciam o uso da terra em habitações econômicas e energeticamente eficientes. Dentre várias técnicas de construção com terra, a do adobe moldado destaca-se pela facilidade de produção e aprendizagem. O bloco de adobe moldado pode ser produzido com o barro puro ou acrescido de fibras vegetais.

O babaçu (*Orbignya Phalerata*) é uma palmeira de tronco simples, com até vinte metros de altura, produz fruto de coloração marrom. Frutifica o ano todo com pico de produção de agosto a janeiro. Os estados do Maranhão, Piauí e Tocantins concentram as maiores extensões de matas onde predominam os babaçuais, formando agrupamentos homogêneos. Bastante densos e escuros, devido a proximidade das grandes palmeiras (EMBRAPA, 1984).

A utilização da fibra do epicarpo do babaçu, material descartado durante a extração da amêndoa, como possível reforço para blocos de adobe apresenta-se como uma solução sustentável uma vez que estes materiais podem ser obtidos sem gerar danos à natureza, são disponíveis praticamente sem custos e consomem muito pouca energia para produção. Lembremos que uma sociedade sustentável é aquela que não coloca em risco os elementos do meio ambiente, e desenvolvimento sustentável é aquele que melhora a qualidade de vida do homem na Terra ao mesmo tempo em que respeita a capacidade de produção dos ecossistemas nos quais vive (MIKHAILOVA, 2004). Esta técnica tradicional pode ser aprendida por qualquer indivíduo, independente do seu nível cultural, favorecendo assim a obtenção de moradias dignas e de qualidade através da autoconstrução.

1.2. Objetivo Geral

Verificar os efeitos da adição da fibra do epicarpo do babaçu em bloco de adobe, em especial sobre a resistência à compressão.

1.3. Objetivos Específicos

- Realizar revisão bibliográfica sobre construções com terra, em especial sobre o adobe, e sobre o babaçu;
- Obter materiais (terra e babaçu) necessários à pesquisa;
- Produzir blocos de adobe com adição de fibra do epicarpo do babaçu;
- Realizar testes de campo e de laboratório com os materiais;
- Verificar a resistência à compressão dos blocos de adobe produzidos.

1.4. Justificativa

Hoje, em razão do grande avanço tecnológico na construção civil, algumas técnicas construtivas tradicionais estão sendo esquecidas, dão lugar a obras com materiais industrializados nem sempre acessíveis para grande parte da população, principalmente às mais distantes dos grandes centros urbanos. A técnica do adobe possui qualidades necessárias para suprir esta demanda, com a vantagem de ser sustentável, ou seja, não agride o meio ambiente, ao contrário dos materiais industrializados como tijolos e cimento. A indústria da construção civil é a que mais consome recursos energéticos atualmente. A produção de blocos de adobe com adição de fibra do epicarpo do babaçu pode trazer melhorias para esta técnica construtiva, e ainda tornar-se acessível para as camadas menos favorecidas da população uma vez que os materiais necessários estão disponíveis praticamente sem custos.

O design é uma atividade criativa na qual o objetivo é estabelecer as qualidades multifacetadas dos objetos, processos, serviços, compreendendo todo o seu ciclo de vida. Portanto, design é um fator central de inventiva humanização das tecnologias e fator crucial de mudanças culturais e econômicas. (ICSID, 2000 apud CARA, 2010, p.13).

Assim, o sonho de uma habitação digna e de qualidade, e sem agredir o já tão maltratado meio ambiente, pode se tornar realidade.

CAPÍTULO 2: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Terra

Segundo Minke (2015) constrói-se com terra a mais de 9000 anos, como provam as habitações descobertas no Turquemenistão a base de blocos de terra (adobe) datadas de um período entre 8000 a 6000 a.C. e fundações de taipa datadas de 5000 a.C. na Síria. Ainda segundo Minke (2015), edifícios religiosos e túmulos, como o de Ramsés II, em Gourná, foram construídos com tijolos de terra a mais de 3000 anos. A Grande Muralha da China construída a mais de 4000 anos, foi primeiramente erguida de taipa e posteriormente foram acrescentadas pedras e tijolos para criar a aparência de muralha de pedra.

A cidade histórica de Shibam no Iêmem (Figura 01), que tem origem no século III, foi construída com terra. Hoje suas edificações são, em sua maioria do século XVI, ainda de terra, formada por edifícios de 5 a 11 andares (HELFRITZ, 1937, apud TORGAL; AIRES; JALALI, 2009).

Figura 01 - Construções de adobe na cidade de Shibam do Iêmem



Fonte: krmagazine.com (2015)

No Brasil, durante quatro quintos da história do país a terra foi tida como principal material de construção (WEIMER, 2012). Os exemplares mais antigos são encontrados principalmente ao norte do Rio Grande do Sul até Minas Gerais. Devido à capacidade elástica e de absorção de impactos da terra, foi muito utilizada na

construção de fortes, durante todo período colonial. Apesar de muitos fortes terem sido abandonados com o tempo, o emprego de terra como reforço em suas muralhas externas, permitiu que muitos ainda resistam às intempéries e ao tempo.

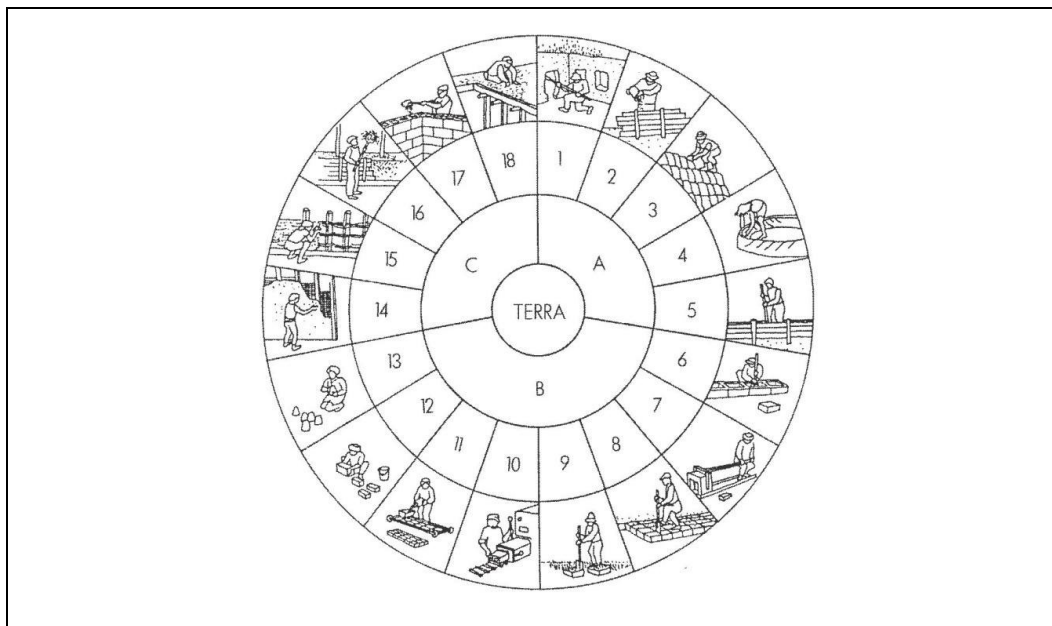
Para prevenir a baixa resistência em seu estado natural, a terra era empregada como enchimento entre paredes de taipa de pilão, de pedra ou de pau-a-pique. Por isso era o material por excelência para o reforço das muralhas dos fortes, ao mesmo tempo em que servia de base para os adarves (caminho que rodeava internamente o topo das fortalezas), as plataformas internas das muralhas e dos baluartes (bastiões salientes onde eram manobrados os canhões). (WEIMER, 2012, p. 255).

No sul do Brasil construções em torrões, também foram encontradas em cabanas utilizadas por índios, o que leva a pensar que sua origem seja indígena. Mas também foram trazidas técnicas ao longo da colonização, como a taipa de pilão, a taipa de mão, taipa de sebe ou sopapo de origem do norte da África, muito encontradas no nordeste do Brasil (WEIMER, 2012). E trazidos pelos portugueses, tem-se o adobe, tijolo de terra crua, seco ao vento e/ou ao sol, já conhecido na Antiguidade mesopotâmica e no Egito pré-faraônico (WEIMER, 2012).

2.1.1. Técnicas de construção com terra

O adobe está inserido em um conjunto de técnicas conhecidas como construção em terra. Guillaud e Houben (1989) resumiram estas técnicas em um gráfico traduzido por Fernandes (2006) mostrado a seguir:

Gráfico 01 - Sistemas de construção que utilizam a terra como matéria prima.



Fonte: FERNANDES, 2006

São 18 técnicas divididas em três grupos A, B e C, que seguem discriminados:

- Grupo A – Monolítica e Portante

Terra Escavada – Consiste em escavar um terreno e moldar em seu interior construções. Encontrado em climas quentes e secos, como na China, Tunísia, Colômbia e em geral por todo o Mediterrâneo.

Terra Plástica – Terra no estado quase líquido, é um sistema moderno e pouco empregado devido aos grandes problemas de retração. Esta técnica está neste momento sendo experimentada novamente, porém com menor quantidade de água e estabilizando a terra de forma a diminuir os efeitos negativos da secagem, motivos que levaram ao seu abandono.

Terra Empilhada – Foi abandonado na Europa, mas recentemente recuperado pelo Reino Unido. É chamado de *bauge* na França e *cob* no Reino Unido. Consiste em empilhar bolas de terra ou molhes de lama e palha em fiadas até formar parede, depois a superfície é aparada e regularizada. Este sistema é também conhecido na Alemanha, África, Índia e Afeganistão.

Terra Modelada – No estado plástico a terra é moldada ou esculpida em fiadas formando paredes, muito comum nas regiões do equador e por todo o continente Africano. Utiliza mão de obra mínima e instrumentos rudimentares.

Terra Prensada – A mais conhecida técnica deste grupo, vulgarmente conhecida por taipa de pilão no Brasil ou simplesmente taipa no sul de Portugal. Nos países anglo saxônicos chama-se *rammed earth*, nos germânicos *stampflembau*, nos francófonos *pise* e nos espanhóis *taipal*. A técnica consiste em prensar ou comprimir camadas de terra quase seca dentro de uma cofragem – os taipais. É uma técnica que foi recuperada a partir dos anos noventa do século XX em Portugal.

- Grupo B - Alvenaria portante

Blocos Apiloados – Trata-se da manufatura de pequenas unidades em terra no estado plástico ou seco, comprimidas em moldes de forma quadrada ou de paralelepípedos em madeira, secas posteriormente ao sol. Em Portugal recebe a designação simples de adobe, muito embora seja uma técnica distinta.

Blocos Prensados – Técnica contemporânea desenvolvida, sobretudo na Bélgica, França e Alemanha. A terra seca e com grande percentagem de partículas finas é comprimida à pressão em moldes. Esta pressão só é conseguida com máquinas que vão de simples prensas manuais às sofisticadas mecânicas e industriais. Costuma-se designar os blocos de terra comprimida, BTC, de pequenas taipas dadas as semelhanças entre as duas técnicas. A primeira prensa foi desenvolvida na Colômbia em meados dos anos cinquenta, esta máquina permitiu a rápida produção de materiais para programas habitacionais. Pela facilidade de produção e vantagens em termos de secagem rápida e resistência mecânica, os BTC ou CEB (*compressed earth blocks*), são nos dias de hoje uma das técnicas de construção em terra com maior sucesso.

Blocos Cortados – Os mais conhecidos são os blocos de laterite provenientes de solos de desagregação avançada e grande concentração de hidróxidos metálicos. Incorretamente chamado de arquitetura em pedra, dada à dureza que o material adquire pela oxidação do mesmo. Encontrado em regiões subtropicais úmidas, na Índia e na África.

Torrões de Terra – Depósitos superficiais de terra vegetal coesa permitem o corte de blocos. Esta técnica é conhecida na América Latina, nos países Nórdicos e na Ásia.

Terra Extrudada – Sistema moderno e mecânico que permite a produção de blocos a partir de terra seca/plástica, com alto teor de finos. Permite a produção de material fino e controlável em grandes quantidades. Esta técnica exige sistemas de produção complexos e mecanizados, deriva da indústria de tijolo cerâmico, sem os custos adicionais do forno. Comum na Alemanha e França.

Adobe Mecânico – A terra em estado plástico/líquido é despejada em formas por equipamentos adaptados de máquinas agrícolas, permite alta produção com o inconveniente de exigir grandes áreas de produção em razão da secagem demorada. Tem sido muito utilizado na América do Norte, nos estados da Califórnia, Texas e Novo México.

Adobe Moldado – É a técnica mais universal de todas. O seu uso é comum em todos os continentes, variando suas formas de cubos a paralelepípedos de secção quadrada a retangular. São vulgares em regiões de terrenos arenosos/argilosos, na maioria das vezes em terrenos aluviões próximos de água, em vales, nas margens de rios, na costa ou junto alinhadas de água. A produção do adobe moldado consiste no preenchimento com terra no estado plástico de moldes de madeira, pressionando ligeiramente com as mãos, sendo pouco depois retirado o molde deixando-se o adobe secar ao sol.

Adobe Manual – Técnica ancestral ainda hoje encontrada na África consiste em moldar ou esculpir apenas com as mãos, unidades em terra plástica de formas diversas, secas ao sol. Julga-se que esta é a forma primitiva dos adobes existentes hoje. Em sítios arqueológicos no Paquistão ou Jericó na Palestina é possível observar a evolução das formas dos adobes, de cônicos e achatados e finalmente ortogonais.

- Grupo C - Enchimento de uma estrutura de suporte

Terra de Recobrimento – Comum nos países nórdicos, tropicais, África, América Latina e na Europa Central e do Norte, consiste no revestimento com terra de estruturas em grade de madeira ou outro material vegetal. No Brasil é conhecida como taipa de pau a pique.

Terra sobre Engradado – Além da função de revestimento esta técnica acumula a função de enchimento. O princípio construtivo é igual a Terra de Recobrimento com algumas diferenças. Permite que a terra seja ao mesmo tempo revestimento em rebocos e enchimento como acontece com o adobe que é entalado entre as estruturas de madeira. No Brasil é conhecida como taipa de mão.

Terra - Palha – Utiliza a terra sob a forma de barbotina de terra argilosa misturada com palha ou outro cereal. É uma técnica contemporânea, particularmente utilizada na França e Alemanha.

Terra de Enchimento – A terra é utilizada para enchimento de estruturas ocas. Esta técnica tradicional muitas vezes associada a fortificações tem sido recuperada em construções modernas para isolamento de paredes.

Terra de Cobertura – A terra reveste ou protege estruturas construídas com outros materiais, na sua maioria estruturas de madeira e fibras vegetais.

2.1.2. Adobe

O adobe, de maneira geral, é uma técnica construtiva tradicional que utiliza o solo como matéria prima para produção de blocos. Esse material mostra a sua durabilidade e seu potencial através de várias edificações em todo o mundo, construídas utilizando diferentes técnicas e resistindo até os dias de hoje. Introduzido no Brasil pelos Portugueses, seu designativo vem do árabe (al Tob),

tijolo cru, feito de argila compactada e, quase sempre seco ao vento e/ou ao sol. Curado dessa forma adquire maior resistência (WEIMER, 2012).

O uso de blocos de adobe representa uma das maneiras mais econômicas de edificar. Foi abandonada pelas classes dominantes com o surgimento de materiais industrializados, ficando, esta técnica, relegada à pobreza onde se foi perdendo a tecnologia construtiva. Embora a simplicidade do material, quando utilizado com correta informação, permite a construção de casa de qualidade (Figura 02), e mesmo equipamentos comunitários.

Hoje, as vantagens ecológicas do bloco de adobe, voltam a chamar a atenção das classes mais altas e esclarecidas, que procuram o material para construção de casas de luxo.

Figura 02 - Construção com blocos de adobe



Fonte: A Cidade - Jornal de Votuporanga (2011)

A terra utilizada na produção de blocos de adobe recebe várias denominações, como barro ou solo (termo para quando há classificação e caracterização da terra, muito utilizado no âmbito da engenharia). O solo propício localiza-se em sua maioria no subsolo, classificado como horizonte B e não possui matéria orgânica, este também pode ser encontrado superficialmente, em zonas semiáridas. No entanto já existem técnicas que fazem uso do solo mais superficial e rico em matéria orgânica, e utiliza essa matéria orgânica como junta de ligamento entre os blocos. Na Construção com Terra, denominação utilizada em toda produção que utiliza o solo como principal matéria prima, ele recebe diversas denominações, como terra crua, terra sem cozer, terra para construir, porém, o usual e que, será empregado neste trabalho, é o termo **terra** (NEVES et AL, 2009).

A terra é composta por partículas que podem se agrupar de acordo com a dimensão de seus grãos, a quantidade de cada uma dessas partículas é que vai definir as características do material. Essas partículas presentes na terra são classificadas da mais grossa para a mais fina como: pedregulho, areia, silte e argila. É preciso que se saiba a composição específica do solo para saber como trabalhar com ele, que tipo de misturas serão utilizadas, quais aditivos serão necessários, como o material irá reagir depois de moldado.

2.2. Babaçu

O babaçu (*Orbignya Phalerata*) é uma palmeira mono tronco que alcança até 20 metros de altura. A palmeira do babaçu produz frutos de coloração marrom, o babaçu. O fruto é uma drupa com sementes oleaginosas e comestíveis com elevado número de cocos por cacho (150 a 250) (Figura 03) e uma quantidade média de quatro cachos por palmeira. A forma dos frutos é oblongo-elipsoidal, medindo de 8 cm a 15 cm de comprimento e 5 cm a 7 cm de diâmetro, pesando de 90g a 280g (LORENZINE, 1996). Frutifica o ano todo com pico de produção de agosto a janeiro.

No Brasil se encontram grandes florestas de babaçu, principalmente ao sul da bacia amazônica, onde a floresta úmida dá lugar à vegetação típica dos cerrados. Nos estados do Maranhão, Piauí e Tocantins estão as maiores extensões de matas onde predominam os babaçuais, formando, muitas vezes e espontaneamente, agrupamentos homogêneos, bastante densos e escuros, devido a proximidade entre as grandes palmeiras.

Figura 03 - Cacho do fruto do babaçu



Fonte: acervo do autor

O gênero *Orbignya* pode ser encontrado também em outros países das Américas, do México para o sul, destacando-se os babaçuais da Bolívia (EMBRAPA, 1984).

A região de maior concentração de plantas oleaginosas do mundo e fonte da maior produção extrativista vegetal, segundo relatório da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, é formada pelos estados do Maranhão, Piauí e Tocantins, sendo a Mata dos Cocais (Maranhão e Piauí) o seu epicentro.

O babaçu é a maior fonte de óleo silvestre do mundo para uso doméstico, tendo utilização na indústria de perfume, sabão e lubrificantes. É considerado o maior recurso oleífero nativo do mundo, um dos principais produtos extrativistas do Brasil, contribuindo, de maneira significativa, para economia de alguns estados brasileiros (EMBRAPA, 1984).

Teixeira (2000), diz que os babaçuais se distribuem em uma área de aproximadamente 17 milhões de hectares, por sete estados brasileiros: Maranhão, Piauí, Tocantins, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso e Espírito Santo, com potencial produtivo estimado em 15 milhões de toneladas/ano de frutos, com aproveitamento de apenas 30%. A coleta e quebra do coco emprega até dois milhões de pessoas durante o pico da safra. O óleo extraído da amêndoa e a torta (produto resultante da extração do óleo), são os principais produtos comerciais extraídos do babaçu.

O fruto da palmeira cai espontaneamente, após a sua maturação. O coco, na forma de sementes, é apanhado pelo catador no chão. Dada às condições adversas onde prolifera a palmeira, na mata, o babaçu colhido é transportado em cestas de palha, normalmente em lombo de animais, quando não é possível a quebra do coco ao pé da palmeira. Os frutos são quebrados de forma rudimentar, geralmente por mulheres, utilizando um machado como ferramenta de corte e uma madeira para a ação mecânica. O babaçu pode ser totalmente aproveitado.

O epicarpo constitui 13% do peso do fruto, é usado como biomassa para produção de biocombustível ou em queima direta em caldeiras. É constituída de fibras de excelente qualidade. O mesocarpo ou polpa, massa que fica entre o epicarpo e endocarpo, representa 20% do peso do fruto, é rico em amido e fibras, é utilizado para fazer farinha, rações ou biocombustível. O endocarpo (60% do peso do fruto) produz carvão de alta qualidade com poder calorífico superior ao carvão metalúrgico (TEIXEIRA, 2000), é produzido e utilizado em várias regiões do nordeste do Brasil. As amêndoas correspondem a 7% do peso do fruto e produzem óleo com

características semelhantes ao óleo de coco (rico em ácido láurico), o que permite o uso em cosméticos e alimentos.

Figura 04 - Fruto do babaçu



Fonte: asmubip.com (2015)

A casca (epicarpo, mesocarpo e endocarpo), que representa 93% do coco, normalmente é desperdiçada nos processos de quebra artesanal.

CAPÍTULO 3: MATERIAIS E MÉTODOS EXPERIMENTAIS

3.1. Materiais

Os materiais utilizados na pesquisa foram o babaçu e a terra, como seguem discriminados a seguir.

3.1.1. Babaçu

O babaçu utilizado para a pesquisa foi doado ao pesquisador pela Associação das Quebradeiras de Coco Babaçu de Itapecuru Mirim – MA que funciona na União dos Clubes de Mães de Itapecuru Mirim – MA (Figura 05). A Associação participa do Programa Compra Local do Governo do Estado do Maranhão e do Governo Federal. A quebra do coco é feita de forma manual pelas quebradeiras de coco associadas, onde são extraídas as amêndoas para produção de óleo e sabonete, a torta para produção de ração animal, a farinha do mesocarpo para produção de bolos, pães, sorvete, biscoito e complemento alimentar e a palha para produção de artesanato.

Figura 05 – Associação das quebradeiras de coco babaçu de Itapecuru-Mirim.



Fonte: Adaptado do Google Maps.

Foi recolhido no dia 17 de Janeiro de 2017 o equivalente a 0,15m³ do material em depósito a céu aberto (Figura 06) dentro da Sede da União dos Clubes de Mães na forma de coco quebrado manualmente, o clima encontrava-se chuvoso.

Figura 06 – Depósito a céu aberto de casca de coco babaçu



Fonte: Acervo do autor

O material recolhido foi selecionado manualmente retirando-se restos de endocarpo e corpos estranhos (restos vegetais e insetos) visíveis, sobrando apenas a “casca do coco”, parcela do material que realmente será utilizado na pesquisa.

3.1.2. Terra

Foi colhida uma amostra de terra no dia 17 de março de 2017 ao norte da ilha de São Luís, em uma obra de escavação de uma piscina em condomínio fechado no bairro Araçagy no município de Paço do Lumiar (Figura 07). O material foi adquirido sob a forma de doação ao pesquisador pela empresa responsável pela obra citada.

Figura 07 – Local de extração da amostra de terra



Fonte: Adaptado do Google Maps

O material utilizado foi retirado de uma profundidade maior que um metro de forma mecanizada, por escavadeira. Foi recolhido o equivalente a aproximadamente 0,2 m³ de terra devidamente acondicionada e identificada.

As características da terra foram obtidas segundo análise granulométrica por peneiramento e sedimentação conforme NBR 7181 (1984) realizada pelo laboratório GEOCRET – Engenharia e Tecnologia LTDA.

3.2. Métodos experimentais

Este capítulo discorre sobre os procedimentos utilizados para obtenção da fibra do epicarpo do babaçu, testes de campo e laboratório utilizados para caracterização da terra, produção dos blocos de adobe e ensaio de resistência à compressão mecânica dos blocos de adobe produzidos.

3.2.1. Obtenção da Fibra do Epicarpo do Babaçu

A casca do babaçu passou inicialmente por um processo de lavagem em água corrente e em seguida foi deixado de molho em recipiente, com solução alcalina a base de água e cloro na concentração de 0,2% de cloro (FRANCO, 2010), por um período de 24 horas. Após o molho, o material foi enxaguado em água e deixado para secar ao sol por 10 dias sobre lona plástica, sendo protegido da chuva quando necessário.

A casca do babaçu, lavada e seca (Figura 08), foi processada em equipamento do tipo triturador forrageiro equipado com duas lâminas, dois martelos e peneira com abertura de 12 mm (Figura 09).

Figura 08 – Casca do babaçu



Fonte: Acervo do autor

Figura 09 – Triturador forrageiro



Fonte: Acervo do autor

O resultado deste processamento é a extração da fibra da casca. O material processado, a fibra do epicarpo do babaçu, passou por peneira com abertura de 5 mm para retirada de impurezas (areia, restos do mesocarpo, restos vegetais e fibras curtas) e homogeneização das fibras (LIMA, 2006). As fibras do epicarpo do babaçu selecionadas (Figura 10) foram acondicionadas em sacos plásticos, em local seco até a utilização na mistura com o adobe.

Figura 10 – Fibra do epicarpo do babaçu



Fonte: Acervo do autor

3.2.2. Testes de Campo

Os testes de campo servem para avaliar indiretamente a granulometria, a capacidade de trabalho e a retração da terra, verificam também a textura e o comportamento da terra em diversas situações e identificam as técnicas mais adequadas (NEVES et AL., 2009).

Esses testes são feitos com relativa rapidez e costumam ser suficientes para estimar a composição da terra e conferir se a mistura é satisfatória para a aplicação da técnica escolhida (LEGEN, 2014; MINKE, 2015):

- Teste de cor: negra (gordurosa) ou branca (arenosa), não servem para produção de adobe; vermelha ou castanha podem ser usadas em adobes; e amarelo-claro, são as melhores.
- Teste do odor: faz-se para verificar a presença de mofo, humos ou matéria orgânica em decomposição, a terra é pura e inodora.
- Teste da mordedura: se não ranger, é argilosa; se ranger pouco, é limosa; e se ranger muito, é arenosa.
- Teste de Sedimentação: consiste em misturar em um recipiente transparente, aproximadamente 2/3 do volume de terra, 20g de sal de cozinha, o sal faz com que os elementos se separem e completar o restante com água. Tampar o recipiente e agitar vigorosamente. Depois, deixar descansar por 24h. Os componentes ficam

depositados em ordem de peso, sendo areia no fundo, silte no meio e argila na parte superior.

- Teste da Tira: mistura-se terra com água ao ponto que seja possível formar uma tira de 20 cm de comprimento por 5 cm de espessura e 2,5 cm de largura aproximadamente. Empurra-se a tira para fora da mão até se romper. Se arrebentar antes de 5 cm, é arenosa; se arrebentar depois de 15 cm, é argilosa; entre 5 cm e 15 cm, é boa para fabricar adobes.

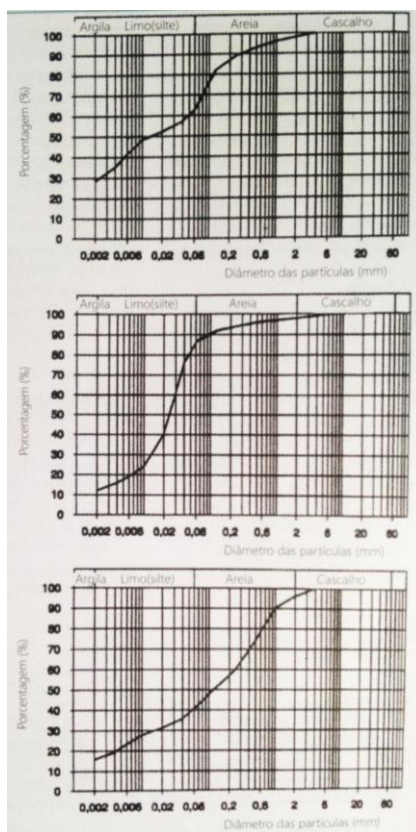
- Teste de retração: em uma caixa de 4 cm x 4 cm x 40 cm, coloca-se o material misturado com água em estado maleável e deixa secar à sombra. Se o material curvar-se no centro, para cima, não serve para adobe. Normalmente a mistura encolhe e racha. Deve-se empurrar toda a mistura para um lado e medir quantos centímetros encolheu, não deve encolher mais que 1/10 do comprimento, ou seja, 4 cm.

- Teste da bola: a mistura deve estar o mais seco e úmida possível para formar uma pequena esfera de aproximadamente 4 cm de diâmetro. A bola é solta na altura de 1,5 m sobre uma superfície plana. Se a bola achatar e apresentar poucas rachaduras, a mistura apresenta grande capacidade aglutinante, devido à grande quantidade de argila. Caso a mistura apresentasse pouca presença de argila, não haverá força de ligação suficiente e a bola irá quebrar, mostrando que a massa não pode ser utilizada.

3.2.3. Análise granulométrica (Laboratório)

Granulometria é o cálculo da porcentagem da quantidade de cada um desses grãos, a partir desse cálculo o solo pode ser considerado arenoso, argiloso ou siltiloso. A composição granulométrica é usualmente representada em forma de gráfico, onde “os eixos das abscissas, são marcados os logaritmos das dimensões das partículas e sobre o eixo das ordenadas as porcentagens, em peso, de material que tem dimensão média menor que a dimensão considerada” (VARELA, 2014).

Figura 11 - Curva granulométrica



Fonte: MINKE (2015, p.23)

A primeira imagem caracteriza uma terra rica, com 28% de argila, 35% de silte, 33% de areia e 4% de cascalho. A do centro mostra a média de argila sedimentada com 76% de silte (limo), e a última representa uma terra arenosa contendo 56% de areia (MINKE, 2015).

Os valores do gráfico são encontrados através do teste da peneira e da sedimentação. A peneiração é efetuada por via úmida para se obter a desagregação das partículas mais finas. A terra retida em cada peneira é posteriormente seca em estufa, para apurar a percentagem em relação à massa do provete (TORGAL, EIRES, JALALI, 2009, p. 59). Para elementos abaixo de 0,06 mm, silte e argila, é feito o teste de sedimentação:

O solo é colocado em suspensão num líquido, para determinar da velocidade de sedimentação a qual é por sua vez função do diâmetro das partículas, através da lei de Stokes. O ensaio passa pelo enchimento de um frasco até $\frac{1}{4}$ da sua altura com solo e os restantes $\frac{3}{4}$ com água, ao fim de várias horas mede-se a espessura das várias camadas, sabendo-se que a primeira camada a depositada foi a de

saibros, a que se seguem as camadas de siltes e argilas. (TORGAL; EIRES; JALALI; 2009, p. 60).

Cada tipo de terra é representado por uma fração granulométrica, ou seja, cada uma vai ter comportamentos diferentes e ser mais eficiente em determinada aplicação. Quando há grande quantidade de areia a terra assemelha-se a uma argamassa, quando é rica em silte, apresenta-se pouco coesiva e de aspecto delicado, enquanto a terra argilosa é muito coesiva e colante, de fácil ação quando acrescentada água.

3.2.4. Blocos de adobe moldado

A técnica escolhida para produção dos blocos para esta pesquisa é a do Adobe Moldado, por ser uma das técnicas mais fáceis de ser aprendida e também por ser a mais conhecida no mundo (FERNANDES, 2006).

A terra indicada para produção de blocos de adobe moldado deve possuir uma pequena quantidade de argila, devido a sua grande capacidade de absorver água. Assim, se a quantidade de argila for excessiva, quando a água adicionada para tornar a argila plástica e moldar os blocos, evaporar, haverá grande diminuição das dimensões do bloco (retração), causando trincas no mesmo.

A presença de areia e silte no solo fazem-se necessário para tornar o adobe estável. Logo, a composição desejável seria de aproximadamente: Pedregulho: 0% a 10%, areia: 45% a 75%, silte: 10% a 45% e argila: 15% a 35% (GONÇALVES, 2012). Segundo Minke (2015). Solos muito argilosos podem ser corrigidos com areia, nestes casos é comum utilizar duas partes de solo para uma de areia na preparação das misturas.

Os adobes são moldados com umidade relativamente alta, em formas retangulares, sem uso de energia mecânica para prensagem. A umidade deve ser próxima ao limite de liquidez da mistura. Se o teor de água for baixo a terra poderá formar torrões que se aglomeram de maneira independente, não se unindo às demais no molde. Se a água for em excesso, o adobe pode se deformar acima do desejado quando retirado da fôrma. Muita água também indica alta probabilidade de haver grande retração do bloco durante a secagem, causando fissuras e, diminuição

da resistência, pelo aumento da porosidade provocado pela evaporação da água em excesso.

Figura 12 - Produção de bloco de adobe moldado



Fonte: assimquefaz.com

Lengen (2014) diz que os blocos de adobe possuem dimensões variadas, e que as mais usuais são: 5 cm x 10 cm x 20 cm; 8 cm x 10 cm x 40 cm e 10 cm x 15 cm x 30 cm. Para Gonçalves (2005), a proporção preferencial é que o comprimento seja duas vezes a largura e que o bloco tenha entre 8 cm e 10 cm de espessura.

A moldagem é inteiramente manual, deve-se primeiramente molhar o molde com água, em seguida colocar uma boa quantidade de terra preparada e bater bem nos cantos, colocar mais terra e nivelar a parte superior com uma régua (Figura 13). Com as mãos molhadas, alisar a superfície, desenformar com cuidado. O bloco moldado deve secar por um ou dois dias, aguardar mais 20 dias para utilizá-los (LENGEN, 2014).

Figura 13 - Sequência de moldagem de um bloco de adobe



Fonte: coisasdaarquitetura.wordpress.com (2010)

3.2.5. Ensaio de resistência à compressão dos blocos de adobe (Laboratório)

O primeiro procedimento foi a numeração em ordem crescente dos blocos de adobe de acordo com a proporção de fibras: T0F, numerados de 1 a 6; T10F, numerados de 7 a 12; T20F, numerados de 13 a 18; T30F, numerados de 19 a 24 e T40F, numerados de 25 a 30. Após a identificação, os blocos foram pesados individualmente (Figura 14) e os resultados anotados em planilha.

Figura 14 – Bloco T20F13 sendo pesado



Fonte: acervo do autor

Os blocos foram preparados segundo a norma NBR 8492 (1984), que define que os blocos devam ter suas faces capeadas com argamassa colante para que fiquem paralelas, para serem submetidos a ensaio de compressão simples (SOUZA, 2011). As cargas de ruptura foram aplicadas por meio de máquina devidamente

calibrada específica para realização de ensaio de compressão no Laboratório GEOCRET – Engenharia e Tecnologia LTDA no dia 19 de abril de 2017 (Figura 15).

Figura 15 – Ensaio de compressão mecânica



Fonte: Acervo do autor

Todos os procedimentos dos ensaios seguiram as recomendações da Proposta de Norma Brasileira de Construção com Adobe dos autores Normando Perazzo Barbosa, Jamerson da Silva Gonçalves e Khosrow Ghavami (GONÇALVES, 2005). Os blocos foram ensaiados em sequência de acordo com a concentração crescente de fibras.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Resultados preliminares

Após a moldagem dos blocos nas diversas proporções de terra e fibra do epicarpo do babaçu observou-se um comportamento peculiar quanto ao processo de secagem dos mesmos, os blocos moldados apenas com terra, sem adição de fibra, secaram mais rápido enquanto que os com maior concentração de fibra (T40F) demoraram mais para secar. Acredita-se que isso se deu em razão da fibra ser adicionada ao adobe totalmente seca, como indica a literatura, então em um primeiro momento ocorreu a absorção da água presente na mistura pela fibra e posteriormente, de acordo como a terra secava, a água presente na fibra foi devolvida à terra, prolongando o tempo de perda de água ou seja, tempo de secagem.

Conforme os blocos secavam, eram virados para que a evaporação da água fosse uniforme evitando assim o aparecimento de rachaduras por retração. Nenhum bloco produzido apresentou rachaduras.

Em análise visual, os blocos produzidos sem fibra do epicarpo do babaçu apresentaram melhor aparência, superfícies lisas e uniformes. De acordo com o aumento de concentração de fibras, as superfícies dos blocos apresentaram irregularidades crescentes, na forma de fibras visíveis sobre a superfície, ou pequenos vazios (Figura 16).

Figura 16 – Irregularidades superficiais dos blocos de adobe



Fonte: Acervo do autor

É notável a diminuição do peso dos blocos conforme aumenta a concentração de fibras do epicarpo do babaçu, uma vez que o peso da fibra do epicarpo do babaçu é menor que o da terra.

4.2. Discussão dos Resultados Obtidos nos Testes de Campo

4.2.1. Teste de Cor

O teste de cor apresentou coloração amarelada (Figura 17), definida como a melhor para produção de adobe por Legen (2014).

Figura 17 – Teste de Cor



Fonte: acervo do autor

4.2.2. Teste do Odor

A amostra não apresentou odor de matéria orgânica em decomposição, fungos ou mofo, foi percebido apenas o odor característico da terra.

4.2.3. Teste da Mordedura

Pode-se dizer que a sensação de ranger foi de média para intensa, indicando um percentual maior de areia na composição, correto para o uso em adobes.

4.2.4. Teste de Sedimentação

Depois de descansar por 24h, os componentes ficaram depositados em ordem de peso, sendo areia no fundo, silte no meio e argila na parte superior. A Figura 18 apresenta vários estágios do teste de sedimentação, sendo que o resultado só se torna conclusivo depois de 24 horas de repouso da solução.

Figura 18 – Teste campo de sedimentação



Fonte: Acervo do autor

O lado direito da Figura 18 mostra uma ampliação do recipiente com simulação de escala onde se obtém os seguintes valores: areia e silte aproximadamente 65% e argila aproximadamente 35%. Portanto o material é adequado para produção de blocos de adobe.

4.2.5. Teste da Tira

No teste da tira o material rompeu com aproximadamente 7 cm, dentro do intervalo de 5 cm a 15 cm sugerido por Legen (2014). A Figura 19 mostra a sequência do teste, à direita pode-se observar o alongamento e ruptura da tira.

Figura 19 – Teste da tira



Fonte: Acervo do autor

Este resultado indica que a granulometria do material é adequada para produção de blocos de adobe

4.2.6. Teste de Retração

Depois do período de secagem à sombra, 48 horas, o teste de retração a amostra sofreu redução em seu comprimento na ordem de 19,24 mm (4,81%), portanto dentro do valor aceitável que é de no máximo 40 mm (10%).

Figura 20 – Teste de Retração



Fonte: acervo do autor

A fim de observar o efeito da adição da fibra do epicarpo do babaçu na retração do material, o teste foi estendido para as amostras com fibra do epicarpo do babaçu nas diferentes concentrações. O resultado demonstrou uma diminuição no percentual de retração com o aumento da presença de fibra do epicarpo do babaçu na mistura.

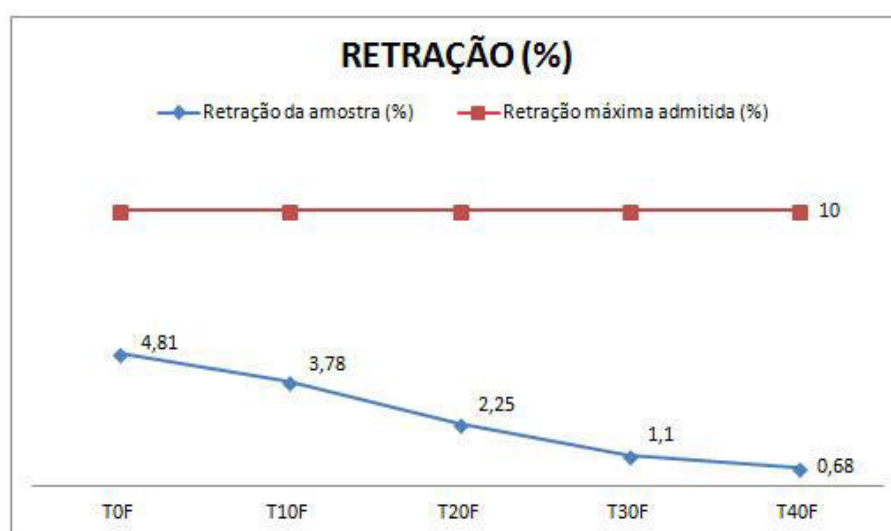
Figura 21 – Teste de Retração com as cinco amostras



Fonte: Acervo do autor

A amostra sem fibra (T0F) apresentou 4,81% de retração (19,24 mm); a amostra com 10% de fibra (T10F) apresentou 3,78% de retração (15,15 mm); com 20% de fibra (T20F) apresentou 2,50% de retração (10,02 mm); com 30% de fibra (T30F) apresentou 1,10% de retração (4,40 mm) e com 40% de fibra (T40F) apresentou 0,68% de retração (2,73 mm).

Gráfico 02 – Resultado do Teste de Retração com as cinco amostras



Fonte: Elaborado pelo autor

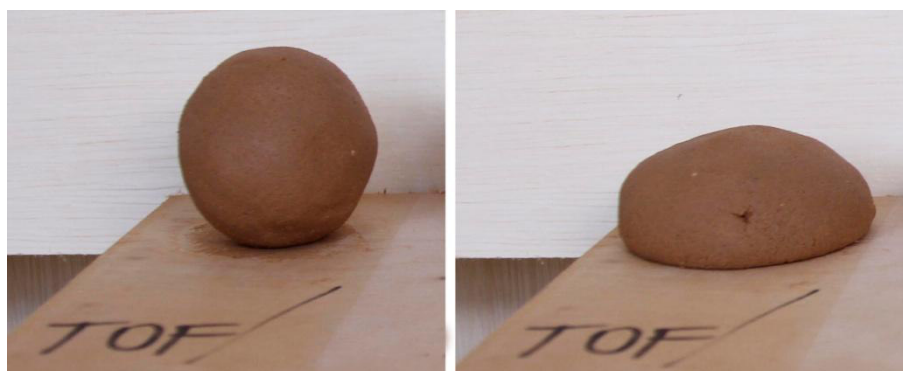
Se compararmos a retração da amostra sem adição de fibra de epicarpo do babaçu (T0F) que foi de 4,81% ou 19,24 mm com a retração da amostra com maior

concentração de fibras (T40F) que foi de 0,68% ou 2,73 mm, a diminuição do índice de retração foi de aproximadamente 86% ou 16,51 mm, resultado bastante significativo para o não aparecimento de fissuras nos blocos de adobe.

4.2.7. Teste da bola

O teste mostrou inicialmente a qualidade do material (terra) quanto a sua capacidade aglutinante, uma vez que o achatamento da bola, ao ser lançada em queda livre de uma altura de um metro e meio, apresentou achatamento moderado sem perda de material ou rachaduras superficiais.

Figura 22 – Teste da Bola antes e depois do lançamento



Fonte: acervo do autor

À exemplo do teste de retração, o teste da bola também foi realizado para todas as proporções da mistura terra com fibra do epicarpo do babaçu. Quando comparados os resultados das cinco bolas (T0F, T10F, T20F, T30F e T40F) nota-se que a deformação da bola decresce com o aumento da proporção de fibra do epicarpo do babaçu presente na mistura, e também não houve perda de material nem aparecimento de rachaduras superficiais. A Figura 23 mostra as bolas utilizadas no teste antes do lançamento, depois do lançamento e a superfície achatada resultante da queda livre.

Figura 23 – Teste da Bola com as cinco amostras



Fonte: acervo do autor

A Figura a seguir apresenta uma sobreposição das imagens do teste da bola, antes e depois do lançamento, onde se pode identificar com mais clareza a diminuição da deformação após o lançamento em virtude da presença de fibra do epicarpo do babaçu.

Figura 24 – Teste da bola com sobreposição da imagem antes e depois do lançamento



Fonte: acervo do autor

A observação do resultado do teste da bola com as cinco amostras aponta para um ganho de resistência à impacto e melhoria na coesão do bloco de adobe em função do aumento de concentração da fibra do epicarpo do babaçu.

4.3. Produção dos Blocos de Adobe Moldado

A terra foi passada por peneira com abertura de 5mm para retirada de pequenas pedras e possíveis restos vegetais, resultando em um material homogêneo. O material peneirado foi depositado sobre lona de polipropileno e adicionado água enquanto era misturado de forma tradicional, com os pés (Figura 25), até formar uma massa lisa. Uma vez atingida a consistência ideal o material foi coberto e deixado em descanso por 24 horas (LENGEN, 2014).

Figura 25 – Mistura tradicional da massa do adobe



Fonte: Acervo do autor

Passadas 24 horas o material foi novamente misturado de maneira tradicional e dividido em cinco partes para adição da fibra do epicarpo do babaçu. Os materiais, adobe e fibra do epicarpo do babaçu, foram dosados com recipiente padronizado e codificados respeitando as proporções conforme tabela abaixo:

Tabela 01 – Códigos das proporções de terra / fibra do epicarpo do babaçu

CÓDIGO	PROPORÇÃO
T0F	10 partes de terra sem adição de fibra
T10F	9 partes de terra para 1 parte de fibra
T20F	8 partes de terra para 2 partes de fibra
T30F	7 partes de terra para 3 partes de fibra
T40F	6 partes de terra para 4 partes de fibra

Fonte: Acervo do autor

As misturas de terra com fibra do epicarpo do babaçu, nas diversas proporções, foram realizadas com as mãos devido ao pequeno volume necessário para a produção da cada série de blocos (Figura 26).

Figura 26 – Mistura manual da fibra do epicarpo do babaçu com a massa do adobe



Fonte: acervo do autor

Foram produzidos 30 blocos de adobe, sendo 6 para cada composição descrita acima, de forma tradicional segundo a técnica do adobe moldado descrita por Lengen (2014) e Gonçalves (2005). A primeira série de blocos (T0F) foi moldada com a terra pura, sem adição de fibra do epicarpo do babaçu e servirá como referência ou controle de resultados para as demais séries de blocos (T10f, T20F, T30F e T40F).

Para produção dos blocos de adobe moldado utilizados nesta pesquisa foi confeccionado um molde em compensado naval de 15 milímetros com dimensões de 8 cm de altura por 10 cm de largura e 20 cm de comprimento (Figura 27).

Figura 27 – Forma do adobe



Fonte: Acervo do autor

Os moldes utilizados para produção dos blocos de adobe se assemelham a uma caixa sem fundo, são feitos de madeira, com as medidas internas dimensionadas conforme o tamanho do bloco que se deseja moldar. Nas extremidades externas do molde colocam-se dois sobressaltos de madeira com a finalidade de facilitar o manuseio.

4.4. Discussão dos Resultados Obtidos nos Ensaios de Laboratório

4.4.1. Granulometria

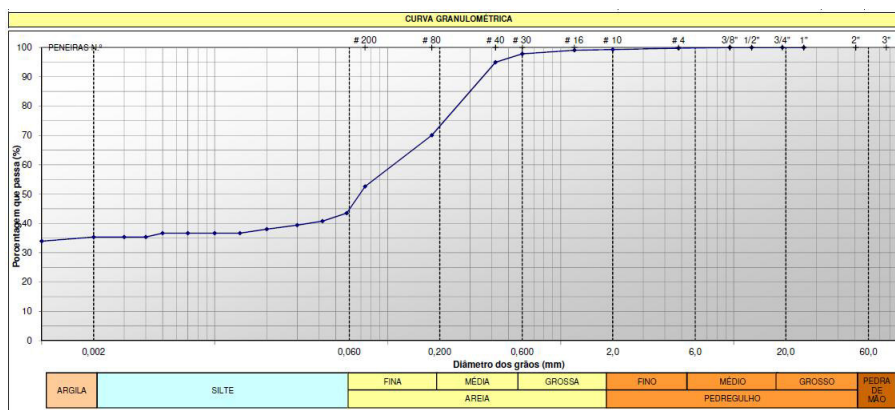
A análise granulométrica por peneiramento e sedimentação (NBR 7181/1984) realizada pelo laboratório GEOCRET – Engenharia e Tecnologia LTDA, está resumida na tabela a seguir (laudo completo em anexo):

Tabela 02 – Granulometria da amostra de terra

Analisado em 20.03.2017	Amostra de terra
Descrição	Areia argilo siltosa de cor amarelada
Pedra de mão (%)	00
Pedregulho (%)	01
Areia (%)	55
Silte (%)	09
Argila (%)	35
Massa específica Real dos Grãos (g/cm³)	2,579

Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 28 – Curva Granulométrica da amostra de terra



Fonte: GEOCRET (2017)

4.4.2. Pesagem

A Tabela 03 apresenta os valores obtidos na pesagem dos blocos:

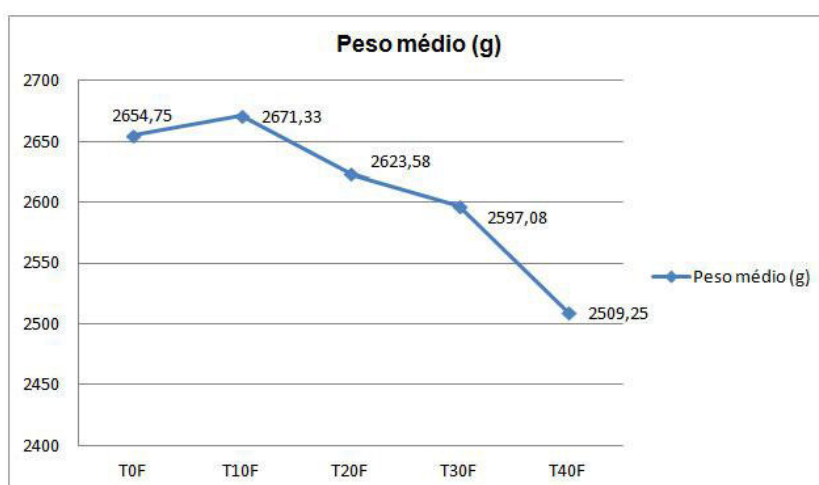
Tabela 03 – Pesagem dos blocos.

BLOCO	PESO (g)	BLOCO	PESO (g)	BLOCO	PESO (g)	BLOCO	PESO (g)	BLOCO	PESO (g)
T0F1	2674,0	T10F7	2663,0	T20F13	2628,0	T30F19	2635,0	T40F25	2465,5
T0F2	2669,0	T10F8	2655,0	T20F14	2620,0	T30F20	2588,5	T40F26	2574,0
T0F3	2650,0	T10F9	2686,0	T20F15	2651,0	T30F21	2574,0	T40F27	2525,0
T0F4	2621,5	T10F10	2679,0	T20F16	2634,0	T30F22	2591,0	T40F28	2489,0
T0F5	2665,0	T10F11	2666,0	T20F17	2640,5	T30F23	2515,0	T40F29	2530,5
T0F6	2649,0	T10F12	2679,0	T20F18	2568,0	T30F24	2679,0	T40F30	2471,5

Fonte: Elaborada pelo autor.

Após a pesagem pôde-se confirmar a diminuição do peso dos blocos em relação ao aumento da concentração de fibras do epicarpo do babaçu conforme é apresentado no Gráfico 03 pelos valores médios obtidos, com exceção da concentração T10F (9 partes de terra para 1 parte de fibra) que apresentou um pequeno aumento de 16,58g em relação ao bloco de referência T0F.

Gráfico 03 – Peso médio dos blocos

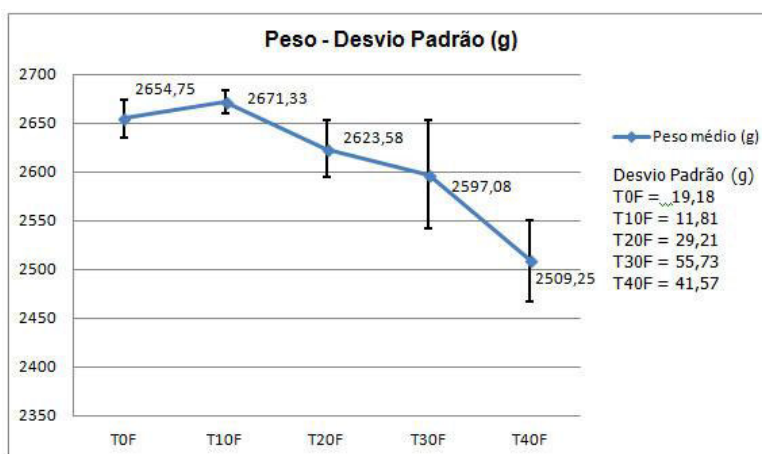


Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação ao bloco sem adição de fibra do epicarpo do babaçu, o de maior concentração, T40F, sofreu redução de peso na ordem de 145,5g ou 5,5% em média.

A consistência dos valores obtidos pode ser comprovada através da observação do gráfico do desvio padrão do peso dos blocos.

Gráfico 04 – Peso - Desvio padrão.



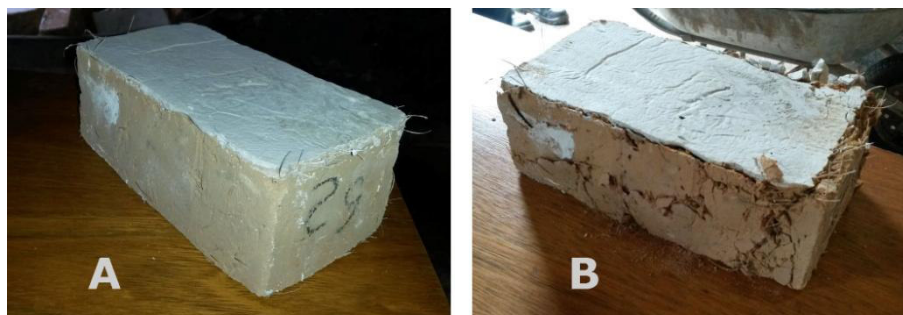
Fonte: Elaborado pelo autor.

A série de blocos T10F apresentou o menor desvio padrão entre as demais séries, a série de referência T0F apresentou o segundo menor resultado, porém os valores observados não apresentam grandes excentricidades o que sugere que a mistura da terra com a fibra do epicarpo do babaçu ficou homogênea.

4.4.3. Resistência à Compressão Mecânica (RCM)

Com o aumento da concentração de fibras do epicarpo do babaçu nos blocos de adobe houve um aumento considerável na coesão do bloco após o rompimento na máquina de ensaios. Os blocos sem adição de fibras ou com pouca concentração destas, apresentaram desagregação elevada após o rompimento, ou seja, se partiram em vários pedaços menores sem a possibilidade de reconstrução dos mesmos, ao passo que os blocos com alto teor de fibras do epicarpo do babaçu apresentaram elevada coesão após o rompimento, como mostra a Figura 29 do bloco 29 (T40F).

Figura 29 – Bloco T40F29 antes (A) e depois (B) do ensaio de RCM.



Fonte: Acervo do autor.

A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão mecânica (RCM) na série de blocos de referência (T0F):

Tabela 04 – Resultado do ensaio de RCM dos blocos T0F.

BLOCO (Código + Num. Bloco)	IDADE	CARGA (N)	ÁREA (mm ²)	RCM (MPa)	RCM Média (MPa)	Observações
T0F1	24 dias	12000	20000,00	0,6	0,54	Rompimento 19.04.2017
T0F2	24 dias	14000	20000,00	0,7		
T0F3	24 dias	8000	20000,00	0,4		
T0F4	24 dias	10000	20000,00	0,5		
T0F5	24 dias	10860	20000,00	0,5		
T0F6	24 dias	10400	20000,00	0,5		

Fonte: Elaborada pelo autor.

O valor médio da resistência mecânica à compressão (RCM Média) dos blocos T0F ficou em 0,54 MPa e servirá de referência para os demais blocos.

As Tabelas 05, 06, 07 e 08 trazem os resultados dos ensaios de resistência à compressão mecânica dos demais blocos (T10F, T20F, T30F e T40F), respectivamente.

Tabela 05 – Resultado do ensaio de RCM dos blocos T10F.

* O resultado do bloco T10F7 foi excluído por apresentar valor discrepante.

BLOCO (Código + Num. Bloco)	IDADE	CARGA (N)	ÁREA (mm ²)	RCM (MPa)	RCM Média (MPa)	Observações
T10F7*	24 dias	3210	20000,00	0,2	0,70	Rompimento 19.04.2017
T10F8	24 dias	11450	20000,00	0,6		
T10F9	24 dias	10350	20000,00	0,5		
T10F10	24 dias	9580	20000,00	0,5		
T10F11	24 dias	18000	20000,00	0,9		
T10F12	24 dias	20000	20000,00	1,0		

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 06 – Resultado do ensaio de RCM dos blocos T20F.

BLOCO (Código + Num. Bloco)	IDADE	CARGA (N)	ÁREA (mm ²)	RCM (MPa)	RCM Média (MPa)	Observações
T20F13	24 dias	14000	20000,00	0,7	0,85	Rompimento 19.04.2017
T20F14	24 dias	16000	20000,00	0,8		
T20F15	24 dias	20000	20000,00	1,0		
T20F16	24 dias	14000	20000,00	0,7		
T20F17	24 dias	28000	20000,00	1,4		
T20F18	24 dias	10000	20000,00	0,5		

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 07 – Resultado do ensaio de RCM dos blocos T30F.

BLOCO (Código + Num. Bloco)	IDADE	CARGA (N)	ÁREA (mm ²)	RCM (MPa)	RCM Média (MPa)	Observações
T30F19	24 dias	14000	20000,00	0,7	0,93	Rompimento 19.04.2017
T30F20	24 dias	16000	20000,00	0,8		
T30F21	24 dias	16000	20000,00	0,8		
T30F22	24 dias	18000	20000,00	0,9		
T30F23	24 dias	20000	20000,00	1,0		
T30F24	24 dias	28000	20000,00	1,4		

Fonte: Elaborada pelo autor.

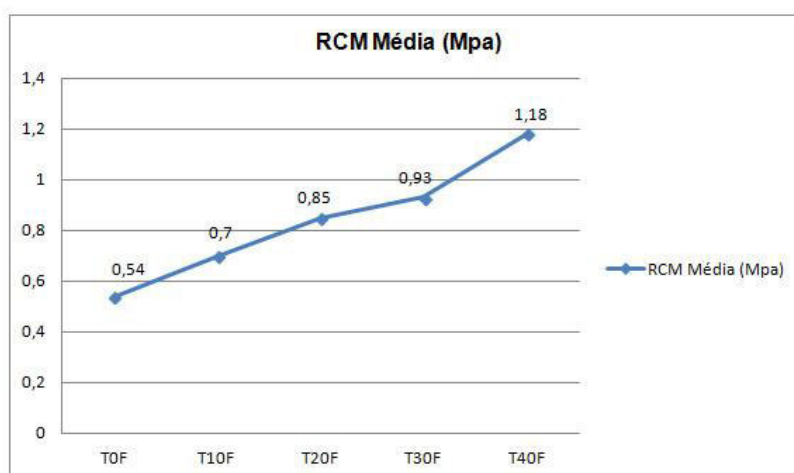
Tabela 08 – Resultado do ensaio de RCM dos blocos T40F.

BLOCO (Código + Num. Bloco)	IDADE	CARGA (N)	ÁREA (mm ²)	RCM (MPa)	RCM Média (MPa)	Observações
T40F25	24 dias	20000	20000,00	1,0	1,18	Rompimento 19.04.2017
T40F26	24 dias	20000	20000,00	1,0		
T40F27	24 dias	20000	20000,00	1,0		
T40F28	24 dias	22000	20000,00	1,1		
T40F29	24 dias	30000	20000,00	1,5		
T40F30	24 dias	30000	20000,00	1,5		

Fonte: Elaborada pelo autor.

Nota-se que os blocos de referência T0F (sem adição de fibra do epicarpo do babaçu) alcançaram o menor valor médio (RCM Média) e que o aumento da adição de fibras do epicarpo do babaçu trouxe melhorias significativas à resistência mecânica dos blocos em todas as faixas de concentração (Gráfico 05). O ganho entre a média do pior resultado (T0F) e o melhor resultado (T40F) alcançado foi de aproximadamente 120%.

Gráfico 05 – RCM Média dos blocos.

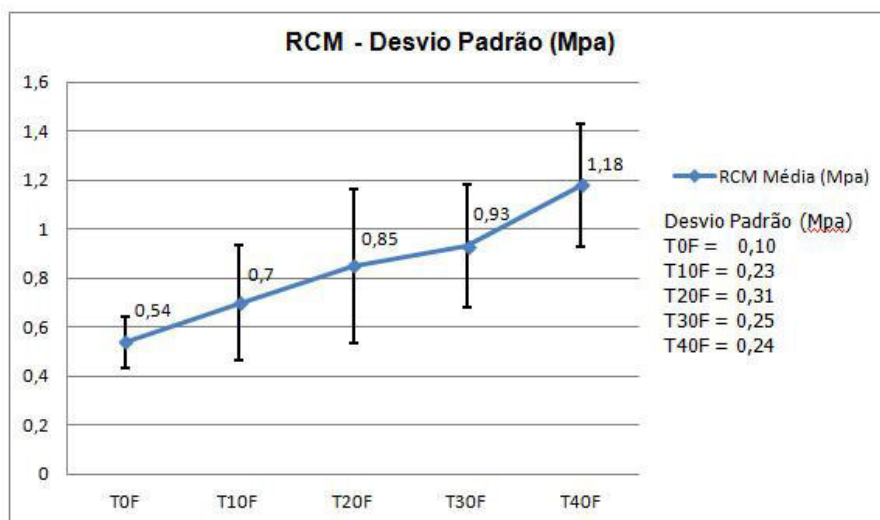


Fonte: Elaborado pelo autor.

A série de referência (T0F) apresentou o menor desvio padrão entre todas as outras séries. O maior desvio padrão foi apresentado na série de blocos T20F,

porém os resultados não apresentaram grandes excentricidades o que indica confiança nos valores obtidos nos ensaios. O Gráfico 06 demonstra o desvio padrão de todas as séries de blocos.

Gráfico 06 – RCM – Desvio padrão.



Fonte: Elaborado autor.

Levando-se em consideração o uso de blocos com adição de fibra do epicarpo do babaçu em obras de construção de residências, a Proposta de Norma Brasileira de Construção com Adobe (GONÇALVES, 2005) indica que:

(a) A resistência à compressão do tijolo (bloco) tem como base a resistência característica do adobe f_{ak} , assim:

- Deve-se ensaiar um mínimo de 6 tijolos (blocos), escolhidos aleatoriamente, estando definida resistência característica à compressão, f_{ak} como: $f_{ak} = f_{a1} + f_{a2} - f_{a3}$

Sendo f_{a1} , f_{a2} e f_{a3} o menor, o segundo menor e o terceiro menor valor da série de 6 tijolos ensaiados.

O valor mínimo aceitável para f_{ak} é 0,7 MPa.

Os blocos T30F (7 partes de terra para 3 partes de fibra) e os blocos T40F (6 partes de terra para 4 partes de fibra) apresentaram valor suficiente para atender à norma (Tabela 09).

Tabela 09 – Resistência característica (f_{ak}) dos blocos de adobe ensaiados.

BLOCO (Código + Num. Bloco)	f_{a1}	f_{a2}	f_{a3}	f_{ak} ($f_{a1}+f_{a2}-f_{a3}$)
T0F3; T0F4; T0F5	0,40	0,50	0,50	0,40 MPa
T10F9; T10F10; T10F8	0,50	0,60	0,60	0,50 MPa
T20F18; T20F13; T20F16	0,50	0,70	0,70	0,50 MPa
T30F19; T30F20; T30F21	0,70	0,80	0,80	0,70 MPa
T40F25; T40F26; T40F27	1,00	1,00	1,00	1,00 MPa

Fonte: Acervo do autor.

(b) Para efeito de cálculo do peso próprio, pode-se adotar o valor de 2000 kg/m³, assim:

- Um metro cúbico dividido pelo volume do bloco terá como resultado a quantidade de blocos por m³. A quantidade de blocos por metro cúbico multiplicado pela média dos pesos dos blocos não pode ser maior que 2000 kg/m³.

Se tomarmos como exemplo a maior média de peso, 2671,33g (2,67 kg), obtida na série de referência (T10F) temos: $1\text{m}^3 / (0,08 \times 0,10 \times 0,20) = 625$ blocos/m³ $\times$ 2,67 kg = 1688,75 kg/m³, portanto abaixo do valor especificado na norma.

CAPÍTULO 5: CONCLUSÃO

Este trabalho tratou das influências da adição de fibra do epicarpo do babaçu em blocos de adobe. Para tanto foi feita uma pesquisa em livros, dissertações, teses e artigos científicos sobre construções com terra, adobe e babaçu. Foram produzidos 6 blocos de adobe puro afim de se obter valores de referência, e mais 24 blocos com adição de fibra do epicarpo do babaçu em concentrações de 10%, 20%, 30% e 40%. Testes de campo comprovaram a qualidade da terra utilizada na pesquisa, qualidade esta confirmada com análise granulométrica segundo a NBR 7181/1984 feita no laboratório GEOCRET. Por fim foi realizado ensaio de resistência à compressão mecânica no mesmo laboratório citado acima.

Os resultados mostraram que:

- Os materiais necessários para produção de blocos de adobe com fibra do epicarpo do babaçu são de fácil obtenção na região onde se deu a pesquisa;
- A presença de fibra do epicarpo do babaçu no bloco de adobe diminui o seu peso à medida que aumenta a sua concentração;
- A fibra do epicarpo do babaçu é tão mais perceptível quando misturada ao adobe quanto maior for a sua concentração;
- A adição de fibra do epicarpo do babaçu ao bloco de adobe melhorou consideravelmente a coesão do bloco;
- A adição da fibra do epicarpo do babaçu, em qualquer concentração melhorou o desempenho do bloco quanto à resistência mecânica a compressão;
- Houve grande redução, em todas as concentrações de fibra do epicarpo do babaçu, na retração do material, passando de 4,81% no material sem adição da fibra (T0F) para 0,68% no material com concentração de 40% de fibra (T40F);
- A resistência característica do bloco de adobe com maior concentração de fibra do epicarpo do babaçu (T40F) está de acordo com a Proposta de Norma Brasileira de Construção com Adobe;

- O peso próprio de todos os blocos produzidos também está de acordo com a Proposta de Norma Brasileira de Construção com Adobe.

Por fim, pode-se afirmar que a técnica de produção de adobe tradicional com adição da fibra do epicarpo do babaçu é acessível a todos em virtude do baixo valor dos materiais, baixo consumo de energia para produção, facilidade de apreensão da técnica e impacto ambiental praticamente nulo. Neste sentido, as construções com blocos de adobe deveriam receber mais atenção dos pesquisadores e incentivos dos órgãos públicos.

5.1 Sugestões para pesquisas futuras

Dando continuação a esta pesquisa propõe-se que seja investigado:

- Comportamento de blocos de adobe com concentrações maiores de fibra do epicarpo do babaçu
- Resultado de ensaios com prismas de blocos de adobe com fibra do epicarpo do babaçu conforme a Proposta de Norma Brasileira de Construção com Adobe
- Possibilidades de modulação personalizada nas medidas do bloco de adobe, visto que a produção do molde é de extrema simplicidade.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 8492 – **Tijolo maciço de solo-cimento. Determinação da resistência à compressão e da absorção de água.** Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 7181 – **Análise Granulométrica.** Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1984.

CARA, Milena. **Do Desenho Industrial ao Design no Brasil:** uma Bibliografia Crítica para a Disciplina. São Paulo: Blucher, 2010.

EMBRAPA, Babaçu – **Programa Nacional de Pesquisa.** Brasília: EMBRAPA, 1984.

FERNANDES, Maria. **Técnicas de construção em terra.** In: 10ª Mesa Redonda de Primavera Terra: Forma de construir Arquitetura - Antropologia - Arqueologia. Porto, Faculdade de Letras do Porto – FLUP. 2006.

FRANCO, F.J.P. **Aproveitamento da Fibra do Epicarpo do Babaçu em Compósito com Matriz Epoxi.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2010.

GONÇALVES, Jamerson da Silva. **Contribuição para a Normalização da Alvenaria Estrutural com o uso de Tijolos de Terra Crua para Construções Urbanas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2005.

GONÇALVES, Teresa Diaz; GOMES, Maria Idália. **Construção de terra crua:** potencialidades e questões em aberto. In: Engenharia para a Sociedade, Investigação e Inovação. Cidades e Desenvolvidos – LNEC. Lisboa, 2012.

GUILLAUD, Hubert; HOUBEN, Hugo. **Traité de construction en terre.** Parenthèses, 1989.

LENGEN, Johan Van. **Manual do arquiteto descalço.** Porto Alegre: Livraria do Arquiteto, 2014.

LIMA, A. M.; VIDAURRE, G. B.; LIMA, R. M.; Brito, E. O.I. **Utilização de fibras (epicarpo) do babaçu como matéria-prima alternativa na produção de chapas de madeira aglomerada.** Universidade Federal de Viçosa. Minas Gêrias, 2006.

LORENZINE, H.; SOUSA, H.; COELHO, L.S.; MEDEIROS, J.; NIKOLAUS, B. **Palmeiras do Brasil.** São Paulo, Plantarum, Nova Odessa, 1996.

MIKHAILOVA, Irina. **Sustentabilidade:** evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática. In: Revista Economia e Desenvolvimento, nº 16. Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2004.

MINKE, Gernot. **Manual de construção com terra**: uma arquitetura sustentável. São Paulo: B4, 2015.

NEVES, Célia Maria Martins; FARIA, Obede Borges; ROTONDARO, Rodolfo; Cevallos, Patricio S.; HOFFMANN, M. (2009). **Seleção de Solos e Métodos de Controle em Construção com Terra – Práticas de Campo**. Rede Ibero-americana PROTERRA.

PONTE, Maria Manuel Correia Costa da. **Arquitetura de terra**: o desenho para a durabilidade das construções. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Coimbra, 2012.

SOUZA, T. A. C., **Análise Preliminar da Resistência à Compressão de Tijolos Ecológicos Fabricados no Município de Ipaba**. Artigo publicado no periódico IJIE – Iberoamerican Journal of Industrial Engineering. Florianópolis, 2011.

TEIXEIRA, M.A. **Estimativa do Potencial Energético na Indústria do Óleo de Babaçu no Brasil**. Anais do Encontro Energético eio Rural. Anais... Unicamp-SP. 2000.

TORGAL, F. Pacheco; EIRES, Rute M. G. e JALALI, Said. **Construção em terra**. Portugal. Delegación Portugal, 2009.

VARELA, Márcio. **Apostila de solos**. IFRN – Curso Técnico em Edificações. 2014. Disponível em < <http://pt.scribd.com/doc/219473022/Apostila-de-Solos#scribd>> Acessado em 20/03/2016.

WEIMER, G. (2012). **Arquitetura popular brasileira**. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes.

<www.krmagazine.com/2015/01/28/yemen-presidential-aide-released/>.

<www.acidadevotuporanga.com.br/Images/Noticia/Media/00000001614574278534887479034.jpg>

<www.asmubip.org.br/babacu/a-palmeira/>

<www.assimquefaz.com/ver-tutorial/faca-voce-mesmo-sua-casa-parte-iii-adobe-a-tecnica-de-construcao-natural>

<coisasdaarquitetura.wordpress.com/2010/09/06/tecnicas-construtivas-do-periodo-colonial-i/>

ANEXOS

ANEXO A – ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR SEDIMENTAÇÃO (PÁGINA 1)

GEOCRET		ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR SEDIMENTAÇÃO				
CLIENTE: FRANCISCO AMARAL		N.º GEOCRET:		SS	FOLHA	REVISÃO
		RG- 1448				
OBRA: ARAÇAGY		AMOSTRA: 01		DATA: 20.03.17		0
LOCAL: SÃO LUÍS- MA		PROFUND:		MATERIAL: Areia argilo siltosa de cor amarelada.		

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA COM SEDIMENTAÇÃO									
UMIDADE HIGROSCÓPICA			DADOS DA AMOSTRA		TOTAL	PARCIAL	PORCENTAGEM INDIVIDUAL DAS FRAÇÕES		
Cápsula N.º:	20	33	Peso da Bacia (g):				PEDRA DE MÃO 00 % PEDREGULHO 01 % AREIA 55 % SILTE 09 % ARGILA 35 % NBR 6502 - SOLOS E ROCHAS		
Peso Bruto Úmido (g):	139,98	139,63	Peso Bruto Úmido (g):		1500,00	120,00			
Peso Bruto Seco (g):	139,45	139,14	Peso Úmido (g):		1500,00	120,00			
Tara da Cápsula (g):	82,15	84,87	Peso Retido Acum. na #10 (g):		11,15				
Peso da Água (g):	00,53	00,49	Peso Úmido Pass. na #10 (g):		1488,85				
Peso do Solo (g):	57,30	54,27	Fator de correção:		0,9909				
Umidade (%):	0,9	0,9	Peso Seco Passante na #10 (g):		1475,37				
Umidade Média (%):	0,9		Peso da Amostra Seca (g):		1486,42	118,91			

MASSA ESPECÍFICA REAL DOS GRÃOS			PENEIRAMENTO GROSSO						
N.º do Picnômetro:	02	03	PENEIRAS		RETIDO (g)	ACUMULADO (g)	PASSANTE (g)	% QUE PASSA	
Volume (ml):	500	500	POL.	mm					
Temperatura (° C):	29	29	3 "	76,20					
Picnômetro (g):	172,62	155,67	2 " 1/2	63,50					
Pic. + água (g):	669,09	653,93	2 "	50,80					
Pic. + água + solo (g):	699,75	684,58	1 " 1/2	38,10					
Solo (g):	50,00	50,00	1 "	25,40					
Dens. relativa da água:	0,9978	0,9978	3/4 "	19,10					
M.E.R.G. (g/cm³):	2,585	2,584	1/2 "	12,70					
M.E.R.G. Corrigida (g/cm³):	2,580	2,578	3/8 "	09,50	00,00	00,00	1486,42	100,00	
M.E.R.G. Média (g/cm³):	2,579	n.º 04	04,80	04,07	04,07	1482,35	99,73		
		n.º 10	02,00	07,08	11,15	1475,27	99,25		
OBSERVAÇÕES			PENEIRAMENTO FINO						
NBR 8171 - GRANULOMETRIA DE SOLOS			PENEIRAS		RETIDO (g)	ACUMULADO (g)	PASSANTE (g)	% QUE PASSA	
			POL.	mm					
			N.º 16	01,20	00,25	00,25	118,66	99,04	
			N.º 30	00,60	01,49	01,74	117,17	97,80	
			N.º 40	00,42	03,42	05,16	113,75	94,94	
			N.º 80	00,18	29,83	34,99	83,92	70,05	
			N.º 200	00,074	20,92	55,91	63,00	52,59	

ENSAIO DE SEDIMENTAÇÃO									
DATA: 21/3/2017			DENSÍMETRO: 18361-03			CORREÇÃO DO MENISCO: 0,0012			
HORA: 08:15			PROVETA N.º: 01						
DATA	HORA	TEMPO (s)	TEMP. (° C)	LEITURA	CORREÇÃO DA LEITURA X TEMP.	LEITURA CORRIGIDA	ALTURA DE QUEDA	DIÂMETRO DO GRÃO	% EM SUSPENSÃO
21/03/17	8:10:00	30	29,0	34,0	2,0	32,0	10,6	0,058	43,47
21/03/17	8:16:00	60	29,0	32,0	2,0	30,0	10,9	0,042	40,75
21/03/17	8:17:00	120	29,0	31,0	2,0	29,0	11,1	0,030	39,39
21/03/17	8:19:00	240	29,0	30,0	2,0	28,0	10,2	0,020	38,04
21/03/17	8:23:00	480	29,0	29,0	2,0	27,0	10,4	0,014	36,68
21/03/17	8:30:00	900	29,0	29,0	2,0	27,0	10,4	0,010	36,68
21/03/17	8:45:00	1800	29,0	29,0	2,0	27,0	10,4	0,007	36,68
21/03/17	9:15:00	3600	29,0	29,0	2,0	27,0	10,4	0,005	36,68
21/03/17	10:15:00	7200	29,0	28,0	2,0	26,0	10,6	0,004	35,32
21/03/17	12:15:00	14400	30,0	28,0	2,0	26,0	10,6	0,003	35,32
21/03/17	16:15:00	28800	30,0	28,0	2,0	26,0	10,6	0,002	35,32
22/03/17	9:15:00	90000	28,0	27,0	2,1	24,9	10,8	0,001	33,92

DESCRIÇÃO DO MATERIAL	VISTO
MATERIAL: AREIA ARGILO SILTOSA DE COR AMARELADA.	Eng.º Raimundo Nonato R. Viana CREA-MA 4653/D

ANEXO A – ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR SEDIMENTAÇÃO (PÁGINA 2)

[illegible]

ANEXO B – ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES (PÁGINA 1)

[illegible]

ANEXO B – ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES (PÁGINA 2)

[illegible]

ANEXO B – ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES (PÁGINA 3)

[illegible]

ANEXO B – ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES (PÁGINA 4)

[illegible]

ANEXO B – ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES (PÁGINA 5)

[illegible]