

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
CÂMPUS DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

PATRÍCIA SARDINHA DIAS

**TIJOLOS DE ADOBE COM ADIÇÃO DE BAGAÇO DE CANA-
DE-AÇÚCAR**

ANÁPOLIS / GO: 2019

PATRÍCIA SARDINHA DIAS

**TIJOLOS DE ADOBE COM ADIÇÃO DE BAGAÇO DE CANA
DE AÇÚCAR**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE GOIÁS**

**ORIENTADOR: PROF^A. DRA. RAPHAELA CHRISTINA
COSTA GOMES**

ANÁPOLIS / GO: 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

DIAS, PATRÍCIA SARDINHA.

Tijolos de adobe com adição de bagaço de cana de açúcar.

xi, 49p., 297mm (ENC/UEG, Bacharel, Engenharia Civil, 2019).

Trabalho de conclusão de curso - Universidade Estadual de Goiás. Câmpus de Ciências Exatas e Tecnológicas.

Curso de Engenharia Civil.

1. Adobe

2. Sustentabilidade

3. Bagaço de cana de açúcar

4. Construção civil

I. ENC/UEG

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

DIAS, Patrícia Sardinha. Tijolos de adobe com adição de bagaço de cana de açúcar. Trabalho de Conclusão de Curso, Bacharelado em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO, 58p., 2019.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Patrícia Sardinha Dias

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Tijolos de adobe com adição de bagaço de cana de açúcar

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2019

É concedida à Universidade Estadual de Goiás a permissão para reproduzir cópias deste projeto final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste projeto final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Patrícia Sardinha Dias

PATRÍCIA SARDINHA DIAS

**TIJOLOS DE ADOBE COM ADIÇÃO DE BAGAÇO DE CANA-
DE-AÇÚCAR**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO
DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A
OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:

RAPHAELA CHRISTINA COSTA GOMES , Dra. (UEG)
(ORIENTADOR)

MARIA LUÍSA GOMES ADORNO, Dra (UEG)
(EXAMINADOR INTERNO)

ISRAEL CANDIDO DA SILVA (UEG)
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: ANÁPOLIS/GO, 24 DE JUNHO DE 2019

DEDICATÓRIA

*A Deus, a minha avó Isaura e aos meus pais Clarice e Telmo, que sempre estiveram
ao meu lado.*

*“A felicidade pode ser encontrada mesmo nas horas mais difíceis, se você lembrar de
acender a luz.”*

(J. K. Rowling – Harry Potter)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado força para encerrar mais uma etapa da vida. Agradeço também a minha família, pois é o que eu tenho de mais valioso. E aos meus pais que, em todas as ocasiões, não me deixaram desistir e sempre proporcionaram na medida que lhes era possível um meio para sempre seguir adiante, foram severos quando deveriam e carinhosos quando necessário; não estaria aqui se não fosse por eles.

Não seria justo também esquecer dos meus amigos, especialmente a Alexia, Gabriel, Alana e Filipe, que iniciaram essa jornada comigo e estiveram ao meu lado nos melhores e piores momentos. Aos meus amigos de “Rolê”, Carol, Victor, Aline, Pedro e Matheus quero deixar o meu muito obrigada, a faculdade seria muito menos divertida sem vocês, estamos juntos e “Shalow Now”.

E também, aos meus queridos colegas de trabalho, por me auxiliarem na prática do exercício da função. Especialmente ao meu tio José Sardinha por ter me dado a oportunidade de estágio e aos companheiros Henver, Pablo, Sara, Giovana, Luiza e Rafael, por muitos momentos de aprendizagem e alegria.

Não poderia esquecer-me dos meus primos e irmãos, que mesmo nos momentos mais difíceis estiveram comigo, para me fazer sorrir. Obrigada Nezzreel, Leticia, Gustavo, Paulo Ricardo e Yuri, não seria quem sou sem vocês. E também aos meus melhores presentes Derick, Davi e Miguel, a tia ama vocês.

Gostaria também de agradecer ao Luke, ao Niklaus, e a Arizona que nas madrugadas de estudo mostraram o que é companheirismo, nos momentos de tristeza foram excepcionais em me mostrar que a felicidade estava nas pequenas coisas e na alegria sabiam comemorar como ninguém.

Por fim, quero agradecer a Universidade Estadual de Goiás, por disponibilizar os laboratórios necessários para a confecção deste projeto, e também por todos os professores de excelência, que durante o período de graduação me ajudaram a crescer como profissional e também como pessoa, serei sempre grata pela honra de fazer parte dessa instituição.

RESUMO

O Brasil apresenta déficit habitacional que atinge principalmente famílias de baixa renda, entretanto, as opções de financiamento para sistemas de construções que fogem do convencional, ainda são pouco discutidas, pois não existem linhas de crédito específicas para as mesmas. Uma das justificativas é que não há normatização das técnicas. Desta forma, este trabalho teve por objetivo determinar e comparar a resistência à compressão de tijolos de adobes com diferentes percentagens de adição de bagaço de cana-de-açúcar e verificar se no quesito resistência ele se adapta a norma para alvenaria de vedação. Foram realizados ensaios de caracterização do solo e das fibras; confecção dos tijolos de adobes em diferentes proporções de adição de fibras de bagaço de cana-de-açúcar (0%, 10%, 20%, 30%, 40% e 50%); e determinação da resistência à compressão axial. O solo foi classificado como arenoso. Dos resultados de resistência à compressão axial, somente o adobe com percentagem de 0% de fibras pôde ser analisado, com média de 2,02 Mpa. Os demais não apresentaram curva de ruptura. Os resultados podem ser utilizados como parâmetro para viabilizar o uso de tijolo de adobe em políticas públicas de financiamento bancário. Pois sua resistência característica atende as normas brasileiras para alvenaria de vedação, assim como atestado por outras literaturas.

Palavras-chave: políticas públicas, terra crua, resíduos

ABSTRACT

Brazil has a housing deficit that affects mainly low-income families. However, financing options for construction systems that are not in line with the conventional ones are still little discussed, as there are no specific credit lines for them. One of the justifications is that there is no standardization of techniques. In this way, this work had the objective of determining and comparing the compressive strength of adobe bricks with different percentages of sugarcane bagasse addition and verify if in the resistance question it adapts to the standard for masonry of the fence. Soil and fiber characterization tests were carried out; (0%, 10%, 20%, 30%, 40% and 50%) of sugarcane bagasse fibers; and determination of the resistance to axial compression. The soil was classified as sandy. From the results of axial compressive strength, only the adobe with percentage of 0% of fibers could be analyzed, with a mean of 2.02 MPa. The others did not present a rupture curve. The results can be used as a parameter to enable the use of adobe brick in public policies of bank financing. For its characteristic resistance meets the Brazilian norms for masonry of fence, as well as attested by other literatures.

Keywords: public policies, raw land, waste

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Zigurate de Ur, construído entre os anos de 2113 e 2096 a.C. com exterior em tijolos de adobe.....	4
Figura 2.2: Localização de construções com terra em todos os continentes	5
Figura 2.3: Igreja de Nossa Senhora do Rosário, em Pirenópolis –GO	6
Figura 2.4: Utilização de tijolos cerâmicos como baldrame de paredes de adobe	7
Figura 2.5: O ciclo da produção de adobe moldado	9
Figura 2.6: Classificação de fibras	13
Figura 2.7: Bagaço de Cana de Açúcar Usinado	14
Figura 2.8: Tijolos confeccionados utilizando cinzas de bagaço de cana de açúcar.	15
Figura 3.1: Etapas do ensaio de limite de liquidez	19
Figura 3.2: Etapas do ensaio de Índice de Plasticidade	20
Figura 3.3: Corpo de prova moldado, no cilindro de compactação.....	22
Figura 3.4: Ensaio de granulometria, no agitador de peneiras.	24
Figura 3.5: Dimensões das fibras de bagaço de cana de açúcar	24
Figura 3.6: Preparação da terra.....	25
Figura 3.7: Adição de fibras de bagaço de cana ao solo.....	26
Figura 3.8: Processo de amassar o barro	26
Figura 3.9: Moldagem e secagem do adobe	27
Figura 3.10: Tijolos de adobe secos	28
Figura 3.11: Tijolos de adobe capeados	29
Figura 3.12: Adobe após ser submetido ao ensaio de compressão.....	29
Figura 4.1: Limite de Liquidez	32
Figura 4.2: Curva de compactação do solo.....	35
Figura 4.3: Distribuição granulométrica.....	36
Figura 4.4: Resultado do ensaio de compressão axial, em adobe com 0% de fibra	Erro!
Indicador não definido.	
Figura 4.5: Resultado do ensaio de compressão axial, em adobe com 10% de fibra	38
Figura 4.6: Adobe com adição de 50% de bagaço de cana, ensaiado pela prensa	39

LISTA DE TABELAS

Quadro 2.1: Composição ideal para fabricação de adobe	10
Quadro 2.2: Análise da Composição de Fibras Naturais	15
Tabela 4.1: Dados obtidos no ensaio de umidade higroscópica do solo utilizado para confecção dos adobes	31
Tabela 4.2: Resultados obtidos no ensaio de limite de liquidez do solo utilizado para confecção dos adobes	32
Tabela 4.3: Resultados do Ensaio de Limite de Plasticidade	33
Tabela 4.4: Resultados dos limites de consistência obtidos nos ensaios	33
Tabela 4.5: Índices de Atterberg, de alguns solos brasileiros	34
Tabela 4.6: Resultados obtidos no ensaio de compactação	34
Tabela 4.7: Resultados do ensaio de granulometria	35
Tabela 4.8: Percentual de frações do solo	36
Tabela 4.9: Resultados obtidos na compressão axial do adobe com 0% de fibra de bagaço de cana de açúcar	37

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACOES

ABNT.....	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CCET.....	Campus de Ciências Exatas e Tecnológicas
CEF.....	Caixa Econmica Federal
CCCM.....	Cinzas de Combustão de Carvão Mineral
EMBRAPA.....	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FGV.....	Fundação Getulio Vargas
PNAD.....	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
IBGE.....	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IP.....	ndice de Plasticidade
LP.....	Limite de Plasticidade
LL.....	Limite de Liquidez
NBR.....	Norma Brasileira
PROECOTUR	Programa de Apoio ao Ecoturismo e  Sustentabilidade Ambiental do Turismo

LISTA DE SÍMBOLOS

γ	Peso específico aparente
γ_s	Peso específico aparente seco
σ	Tensão máxima
h.....	Umidade
F.....	Carga máxima de ruptura
A.....	Área da secção transversal do corpo de prova
Pa.....	Pascal, Newton por m ² .
KN.....	10 ³ Newtons

LISTA DE UNIDADES

Pa..... Pascal, Newton por m².
KN.....10³ Newtons

LISTA DE UNIDADES

Pa.....	Pascal, Newton por m ²
KN.....	10 ³ Newtons
g.....	grama
m.....	metro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	CONTEXTO GERAL	1
1.2	OBJETIVOS	2
1.2.1	Objetivo Geral	2
1.2.2	Objetivos Específicos	2
1.3	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	2
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1	HISTÓRIA GERAL	4
2.2	BRASIL.....	5
2.2	O ADOBE.....	8
2.3	FIBRAS VEGETAIS	13
2.3.1	Bagaço de cana-de-açúcar	14
2.4	ENSAIOS REALIZADOS NO SOLO	16
3	METODOLOGIA.....	18
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO SOLO	18
3.1.1	Umidade higroscópica (NBR 6457, 1986)	18
3.1.2	Limite de Liquidez (NBR 6459, 1984).....	18
3.1.3	Limite de Plasticidade (NBR 7180, 1984)	20
3.1.4	Compactação (Ensaio de Proctor) (NBR 7182, 1986)	21
3.1.5	Granulometria (NBR 7.181, 1984).....	23
3.2	CARACTERIZAÇÃO DO BAGAÇO DE CANA DE AÇÚCAR.....	24
3.3	PRODUÇÃO DOS TIJOLOS DE ADOBE	25
3.3.1	Extração e preparação da terra.....	25
3.3.2	Adição das fibras de Bagaço de Cana de Açúcar	25
3.3.3	Adição de água à mistura (terra + fibras)	26
3.3.4	Manufatura manual ou moldagem.....	27
3.4	ENSAIO REALIZADO NO ADOBE.....	28
3.5	ANÁLISE DOS DADOS	30

4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
4.1	ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO	31
4.1.1	Índices Físicos	31
4.1.1.1	Umidade higroscópica	31
4.1.1.2	Limite de Liquidez (LL).....	31
4.1.1.3	Limite de Plasticidade (LP)	32
4.1.1.4	Compactação (Proctor Normal)	34
4.1.1.5	Granulometria	35
4.1.1.6	Caracterização do bagaço de cana de açúcar	36
4.1.1.7	Ensaio de Compressão Axial.....	37
4.1.1.7.1	Tijolos de adobe sem adição de fibras.....	37
4.1.1.7.2	Tijolos de Adobe com adição de fibras de bagaço de cana-de-açúcar	38
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES	41
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	41
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO GERAL

Segundo Boas e Conceição (2018) estudos da Fundação Getúlio Vargas (FGV) baseados na Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil tem um déficit habitacional de 7,757 milhões de moradias. A economista Ana Maria Castelo afirma que a falta de habitação atinge principalmente as famílias de baixa renda: 91% dos afetados pelo problema possuem renda de até três salários mínimos e são pouco atendidos pelo sistema imobiliário, mesmo por programas habitacionais. Assim, muitas famílias, principalmente na região nordeste, utilizam técnicas construtivas milenares, como o adobe, pelo seu baixo custo de produção (OLIVEIRA, 2016; BOAS, CONCEIÇÃO, 2018).

Brasileiro e Matos (2015) afirmam que a construção civil consome entre 20% a 50% dos recursos naturais de todo o planeta. Devido à escassez dos recursos naturais, a busca por tecnologias alternativas, que utilizam materiais não poluentes, renováveis e de baixo custo, em lugar das técnicas convencionais e industrializadas, que consomem muita energia e prejudicam o meio ambiente, é de grande importância (PEREIRA *et. al.*, 2014).

Desse modo, as construções ecologicamente corretas, como a bioarquitetura, a engenharia verde e a bioconstrução, ganham espaço e, além de gerar empregos, possibilitam o rompimento com o preconceito da sociedade, que ainda prefere as alvenarias convencionais, por questões culturais (PINHEIRO; RANGEL; VARUM, 2016).

A construção em terra crua é a técnica de construção mais antiga utilizada pelo homem em todo o mundo, estando presente tanto em construções populares quanto em edifícios e monumentos de caráter patrimonial. O adobe das técnicas de construção em terra é o mais histórico e o mais difundido, o qual consiste em moldar a terra em estado plástico, sem compactação, para posterior secagem ao ar livre (FERNANDES; TAVARES, 2016; OLIVEIRA, 2016).

No entanto, nem todos os solos são propícios para a confecção do adobe, pois esse necessita do percentual adequado da mistura de areia, argila e silte. Por isso, é de extrema importância o estudo do solo por meio de ensaios de campo e laboratório, para verificar a necessidade de correção de características da amostra, por meio de cal ou fibras vegetais. (PEREIRA *et. al.*, 2014).

O objetivo deste trabalho é determinar a resistência à compressão de adobes com diferentes porcentagens de adição de bagaço de cana-de-açúcar e fazer comparações entre os resultados. Para tanto, serão realizados ensaios de caracterização no solo e, posteriormente, os adobes produzidos serão analisados segundo sua resistência à compressão axial.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Determinar e comparar a resistência à compressão de adobes com diferentes porcentagens de adição de bagaço de cana-de-açúcar e verificar se no quesito resistência ele se adapta a norma NBR 84929, ABNT,2012.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar análise física do solo;
- Fazer a caracterização do bagaço de cana-de-açúcar;
- Produzir adobes com diferentes proporções de bagaço de cana de açúcar para determinar a resistência à compressão axial;
- Analisar o potencial do uso do bagaço de cana-de-açúcar na produção de adobes.
- Analisar a viabilidade de utilização do tijolo de adobe em casas financiadas pelos bancos nacionais.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho foi dividido em cinco capítulos, distribuídos e abordados de forma a facilitar a compreensão do assunto em estudo. A seguir será apresentada uma breve explicação sobre o conteúdo abordado em cada capítulo.

Capítulo 1 – Introdução: apresentação do trabalho, com foco na importância e objetivos do tema;

Capítulo 2 – Revisão de Literatura: introdução dos conceitos básicos necessários para o desenvolvimento e entendimento deste trabalho. Os assuntos abordados foram: história do Adobe, Adobe e bagaço de cana.

Capítulo 3 – Metodologia: apresentação dos materiais e método empregado na execução dos ensaios, análise do solo e de resistência dos adobes;

Capítulo 4 – Análise dos Resultados: apresentação dos resultados obtidos e das análises pertinentes a estes, isto é, considerando a literatura utilizada (Capítulo 2) e os procedimentos adotados (Capítulo 3); e

Capítulo 5 – Considerações Finais: descrição das conclusões obtidas com a realização deste trabalho, bem como as sugestões para pesquisas futuras.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 HISTÓRIA GERAL

A construção com terra crua é aquela que utiliza argila não queimada em sua constituição. Essa técnica existe há mais de dez mil anos, desde o surgimento das primeiras cidades, e esse conhecimento têm sido difundido através de tradições eruditas e populares, como um dos principais métodos construtivos utilizados (PINHEIRO; RANGEL; VARUM, 2016).

A figura 2.1 mostra o Zigurate de Ur, uma obra arquitetônica localizada na região do atual Iraque. Construída entre os anos de 2113 a. C. e 2096 a. C., possui tijolos de adobe em seu exterior. A obra, de 21 metros de altura e bases de 62,5 metros por 43 metros, se apresenta como o templo/torre mais preservado da civilização Mesopotâmica (BARRAQUI, 2016).

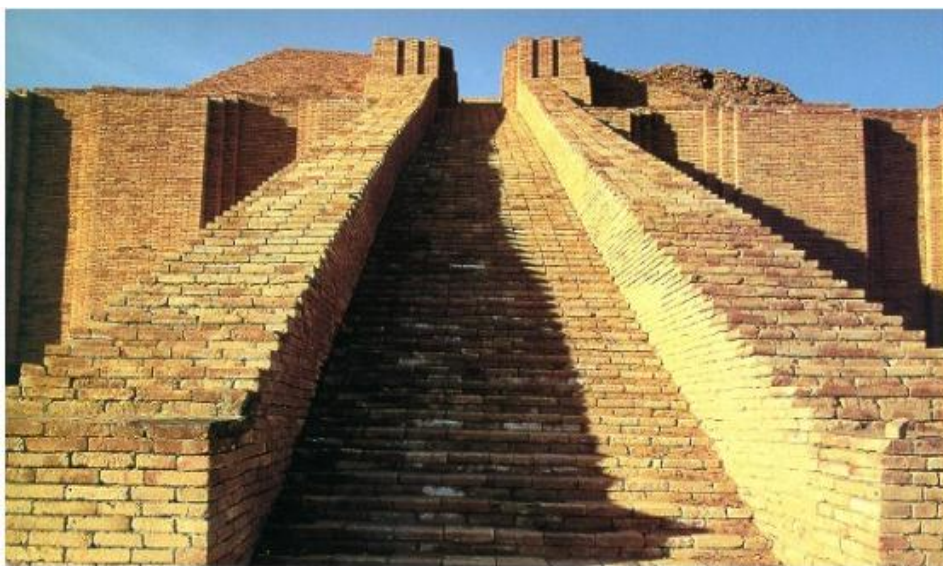


Figura 2.1: Zigurate de Ur, construído entre os anos de 2113 e 2096 a.C. com exterior em tijolos de adobe.
Fonte: (MCFALL, 2016)

Segundo Guillaud (2011), atualmente 30% da humanidade habita em moradias de terra, sendo que, nos países em desenvolvimento, esse valor representa mais da metade da população. A figura 2.2 exemplifica os dados citados, mostrando a localização das construções com terra em todos os continentes.

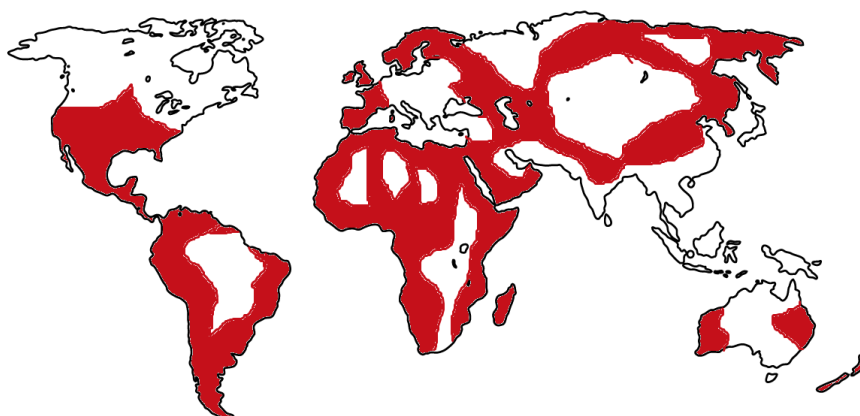


Figura 2.2: Localização de construções com terra em todos os continentes
Fonte: Alexandria e Lopes (2008) – modificado

2.2 BRASIL

No Brasil, a construção em terra crua adveio junto com a colonização portuguesa, e posteriormente pelos nativos africanos. A população indígena utilizava materiais de origem vegetal, como a madeira, e vedação de palha e folhagens. (SILVA, 2000)

As construções em terra foram primeiramente introduzidas em locais onde não havia muitas pedras. Existem construções em terra datadas logo após a chegada dos portugueses no Brasil, como a casa forte (1540) localizada em Caramuru, as muralhas e fortes em Salvador, as igrejas no interior de Minas Gerais e Goiás entre outros. (SANTIAGO, 2001)

Com a propagação das técnicas de construção em terra pelo Brasil, muitas cidades possuem em sua matriz estrutural, este sistema construtivo como base de suas construções históricas, como o exemplo da igreja Matriz de Nossa Senhora do Rosário.

A igreja Matriz de Nossa Senhora do Rosário, situada em Pirenópolis, foi construída entre os anos de 1728 e 1732 (Figura 2.3). É considerado o maior e mais antigo monumento histórico de Goiás. A matriz tem os alicerces de cantaria, pedra, e as paredes feitas de taipa de pilão ou barro socado. Apenas as paredes mais altas das torres são feitas de adobe ou seja tijolo cozido ao sol. Na parte frontal, a taipa é reforçada por uma gaiola de madeira de aroeira, externa e internamente. (CRUZ, 2018)



Figura 2.3: Igreja de Nossa Senhora do Rosário, em Pirenópolis –GO
Fonte: (ASSENÇO, 2016)

Nas construções das cidades rurais brasileiras do séc. XVI, as técnicas de adobe ou mistas eram predominantemente utilizadas. Entretanto, no início do século XIX, o uso das tecnologias em terra diminuiu devido ao surgimento de novos materiais e tecnologias aplicadas à construção civil (PINHEIRO, RANGEL e VARUM, 2016).

Mesmo com o desuso da terra na construção civil, cidades pequenas que por se situarem em locais de difícil acesso e/ou distantes dos grandes municípios, o que torna complicada a logística de alguns materiais e componentes da obra inacessíveis. Nestas, as edificações em terra, em especial em adobe, viabilizam a construção de moradias, de qualidade e que oferecem conforto termo acústico.

Estas construções estão ligadas aos fundamentos da eco-sustentabilidade onde praticam a não geração de resíduos, ao aproveitamento da mão de obra local e utilização da cultura construtiva local, como o distrito de Araquém (CARVALHO, VARUM e BERTINI, 2009)(BOAS e CONCEIÇÃO, 2018).

Araquém é um distrito do município de Coreaú, situado no Estado do Ceará, que possui cerca de 7000 mil habitantes, e de suas construções históricas e atuais cerca de 70%, possui o adobe como matéria prima. E mesmo com o uso dos tijolos cerâmicos, estes foram incorporados as construções em adobe como mostra a figura 2.4, o que demonstra a viabilidade dessas edificações (CARVALHO, VARUM e BERTINI, 2009).



Figura 2.4: Utilização de tijolos cerâmicos como baldrame de paredes de adobe
Fonte: (CARVALHO, VARUM e BERTINI, 2009)

Com o intuito de assistir as famílias de regiões como a de Araquém, iniciativas como a do Programa de Apoio ao Ecoturismo e à sustentabilidade Ambiental do Turismo (PROECOTUR) foram criadas. Este fornece cursos de capacitação em bioconstrução, com o objetivo de estimular o uso de tecnologias menos nocivas ao meio ambiente, utilizando técnicas de arquitetura, adequadas ao clima, que possuam eficiência energética e tratamento adequado de resíduos, usando recursos do próprio local e aproveitando o conhecimento cultural das comunidades envolvidas (PROMPT, 2008).

Este curso foi aplicado na ilha Grande do Paulino localizada no Delta do Parnaíba, e contou com a participação da população para a construção de uma casa. Desta forma os cidadãos aprenderam a manufatura do tijolo de adobe de forma a contribuir com a queda do déficit habitacional em sua região.

Outra forma de eliminar o déficit habitacional são as políticas públicas de financiamento. Em 2007 a Caixa Econômica Federal (CEF) respondeu por mais de R\$ 13 bilhões de novas contratações operando recursos de financiamento e repasse para a produção de novas habitações (LOTURCO, 2008).

As opções de financiamento para sistemas de construções que fogem do convencional, ainda são pouco discutidas, pois não existem linhas de crédito específicas, entretanto algumas instituições liberam recursos para sistemas com *steel frame* e *wood frame*, com taxas de juros iguais às de projetos de alvenaria comum (SANTIAGO, 2017).

Em entrevista ao site Techné, o então gerente nacional de gestão, padronização e normas técnicas da Caixa Econômica Federal (CEF), o engenheiro Clovis Marcelo Dias

Bueno, afirma que a CEF foca o desempenho do produto final e não o processo de projeto e execução, quando perguntado sobre o que a caixa espera de um sistema construtivo. Bueno ainda diz que não importa a forma como foi construída, uma unidade habitacional, deve oferecer condições de segurança estrutural, segurança ao fogo, estanqueidade, durabilidade, conforto térmico e acústico (LOTURCO, 2008).

A aprovação de novas tecnologias na construção seja nos materiais componentes ou sistemas construtivos, pela CEF, é feita mediante a apresentação de laudos técnico-científicos, apresentando resultados de ensaios realizados por instituições independentes. Atestando que estas novas tecnologias oferecem os requisitos habitacionais impostos pela caixa citados acima (LOTURCO, 2008).

O superintendente de negócios imobiliários do Santander Nerian Gussoni afirma em entrevista ao site casa.com.br que “Nós precisávamos estudar se era factível usar métodos alternativos. Agora, aceitamos todos normalmente, sem restrições ou favorecimentos”. Elyseu Mardegan Júnior, diretor da empresa BM Sua Casa, especializada em crédito imobiliário, diz que analisa caso a caso os projetos que não contemplam a alvenaria convencional, por meio de engenheiros terceirizados, segundo este a maior dificuldade tem relação com as seguradoras, que não costumam fechar negócio quanto o sistema utilizado não é o de alvenaria, isso porque a lei exige seguros contra danos físicos ao imóvel e materiais como madeira e barro, podem deteriorar antes do prazo total do financiamento, este que pode chegar a 30 anos (SANTIAGO, 2017).

No capítulo a seguir os métodos de confecção do adobe serão expostos bem como suas vantagens, desvantagens e como estas podem ser contornadas com a tecnologia e pesquisas na área de construção sustentável.

2.2 O ADOBE

A palavra “adobe” tem origem na escrita demótica egípcia *sekh shat* do termo *tyb ou tob* que significa tijolo, e por meio da escrita copta *τωωβε* evoluiu para escrita árabe *coo aljūb* ou *attob*, com o mesmo significado. Posteriormente, durante o período islâmico e na Península Ibérica, o termo em árabe evoluiu para adobe. Esta palavra foi assimilada pelo idioma espanhol e foi transmitida às Américas; o termo também foi adotado pela língua inglesa com o significado de tijolos de terra crua (FERNANDES; TAVARES, 2016; PEREIRA *et. al.*, 2014).

Segundo Tavares e Fernandes (2016), o adobe designa o material de construção e, simultaneamente, a técnica construtiva que consiste em moldar sem compactar a terra no estado plástico, para posterior secagem ao ar e utilização em obra. As construções com essa técnica, quando bem-feitas, podem durar séculos.

O adobe é produzido adicionando água à terra crua com ou sem adição de fibras até que o solo entre em estado plástico. Após isso, a mistura é colocada em uma forma para ser moldada (Figura 2.5). Geralmente, os moldes são feitos de madeira, por vezes forrados com chapa metálica para facilitar o desmolde. Quando o adobe é retirado da forma, ele seca ao ar livre (SANTIAGO, 2001; OLIVEIRA, 2016).

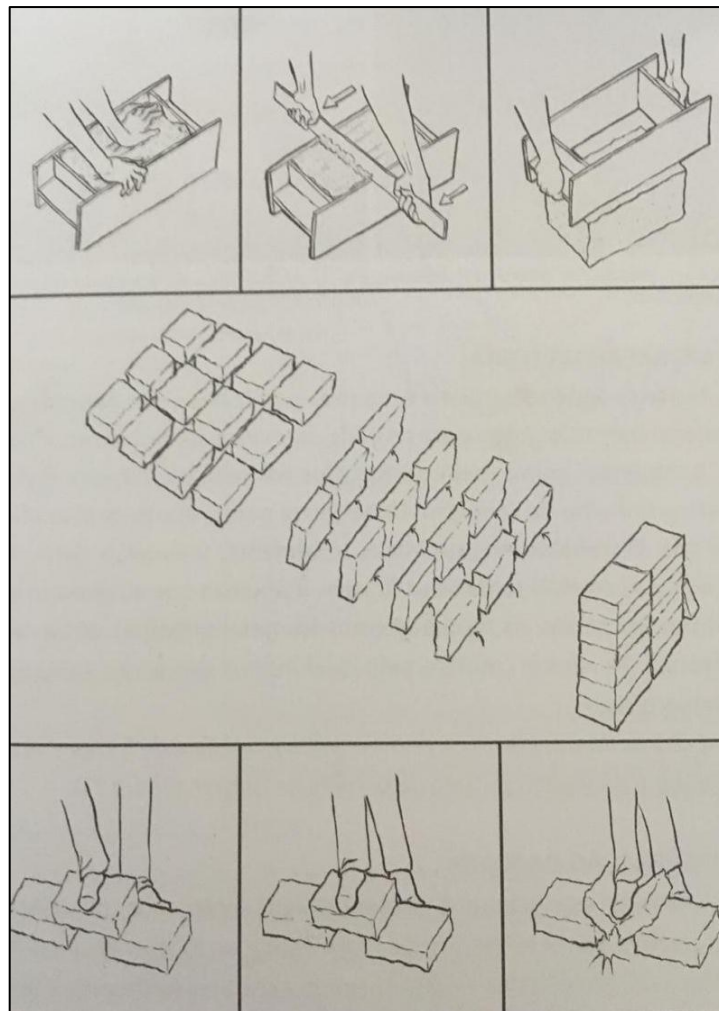


Figura 2.5: O ciclo da produção de adobe moldado
Fonte: (FERNANDES e TAVARES, 2016)

Segundo Pereira *et. al.* (2014), o adobe é constituído de argila, silte e areia. Apesar da universalidade da matéria prima (terra) e das técnicas de construção associadas ao material,

são necessários alguns requisitos para a produção do adobe, como a correta porcentagem de compostos sólidos e de água.

A água utilizada deve ter proporção em volume mínimo da ordem de 1 para 5. Quanto aos demais ingredientes, argila, silte e areia, os teores sugeridos para a fabricação do adobe estão descritos no quadro 2.1. Para saber o teor correto, é necessário fazer a devida caracterização do solo utilizado (FERNANDES; TAVARES, 2016).

Quadro 2.1: Composição ideal para fabricação de adobe

COMPOSIÇÃO	TEOR (%)
Argila	15 a 35
Silte	10 a 45
Areia	45 a 50

Fonte: Alves (2012) apud Oliveira (2016)

A técnica de construção com adobe não possui uma norma fixa sobre suas dimensões, entretanto, costuma-se produzir adobes com medidas fixas e designações distintas, variando de acordo com sua utilização na construção. Segundo Tavares e Fernandes (2016) são comuns as seguintes dimensões de adobe:

- Mendões (0,45m de comprimento x 0,15m de largura x 0,12m de altura) em paredes internas;
- De parede (0,45m de comprimento x 0,30m de largura x 0,12m de altura) em paredes externas.

A principal vantagem da bioalvenaria em adobe é a economia, visto que a matéria prima é abundante e de baixo custo, não necessita de mão-de-obra qualificada e proporciona conforto termoacústico. Segundo Minke (2005), os tijolos de adobe são aproximadamente 40% mais baratos que os tijolos cozidos convencionais, pois sua produção não necessita de energia para seu cozimento.

Contudo, o adobe possui como desvantagens a tendência ao desgaste e à erosão, devido ao processo artesanal da técnica, o qual pode levar à composições distintas de mistura e de água (PEREIRA *et. al.*, 2014). Devido à necessidade de amenizar os inconvenientes do adobe, novas pesquisas sobre o uso da terra crua ganharam grande visibilidade na construção

civil. As pesquisas desenvolvidas nesse campo visam, sobretudo, o aperfeiçoamento da estabilização do solo, com a finalidade de melhorar consideravelmente a construção com terra em termos de durabilidade, economia, sustentabilidade e estética (JALALI; EIRES, 2008; PEREIRA *et. al.*, 2014).

Jalali e Eires (2008) propõe como solução a eventuais correções necessárias no solo. Quando a terra apresenta um percentual alto de argilas (quadro 2.1), a estabilização da terra é feita com fibras vegetais que são destinadas a controlar a retração das argilas. Concluiu-se, posteriormente, que a adição de fibras também conferia maior resistência axial ao adobe e, ao mesmo tempo, conferia menor peso aos adobes produzidos. A estabilização do solo com cal é utilizada para preencher os vazios, os quais ocorrem devido à falta de argila na matéria prima, ou seja, quando a terra é muito arenosa (FERNANDES; TAVARES, 2016).

Segundo a pesquisa proposta por Oliveira (2016), com o tema “Resistência Mecânica de Tijolos de Terra crua com a adição de diferentes níveis de Fibras de coco”, a adição de fibras de coco não aumenta a resistência dos tijolos de adobe (Figura 2.5). Porém, como a resistência permaneceu após a adição da fibra de coco, os adobes podem ser produzidos com a mesma, diminuindo assim a porcentagem de terra e permitindo o uso de um resíduo que seria anteriormente descartado.



Figura 2.4: Composição ideal para fabricação de adobe
Fonte: Oliveira (2016)

A possibilidade de utilizar outros materiais na constituição do adobe é viável, como analisado nos estudos de Bouth (2005), o qual estudou em sua tese de mestrado intitulada “Estudo da potencialidade da produção de tijolos de adobe misturado com outros materiais -

Uma alternativa de baixo custo para construção civil” os benefícios da adição dos seguintes materiais: fibras naturais de curauá e do tronco de coqueiro, cimento e gesso. Os estudos revelaram que a presença de fibras naturais e do tronco de coqueiro produz um aumento de resistência mecânica do adobe e as adições do cimento e do gesso mostraram-se benéficas à resistência do material. A pesquisa ainda demonstra que a adição de cimento implica uma maior integridade do material na presença de água.

Como analisado por Costa *et. al.* (2014), em sua pesquisa com o tema “Avaliação de tijolos de adobe com adição de cinzas e fibra de coco”, realizada na Universidade Federal do Ceará - UFC, com a intenção de analisar a resistência axial, a resistência à água e durabilidade dos adobes com adição de cinzas de combustão de carvão mineral - CCCM e fibras de coco (figura 2.6), os resultados mostraram que o CCCM confere maior resistência aos adobes, mas estes devem ser resguardados da presença de água, enquanto os adobes produzidos com a adição de fibras de coco apresentam menor desgaste com a presença de água. (COSTA, PINHEIRO, *et al.*, 2014)



Figura 2.5: Composição ideal para fabricação de adobe
Fonte: COSTA *et. al.* (2014)

As pesquisas mostram que a mistura ideal para a confecção dos tijolos de adobe terá variações, de acordo com o tipo de solo a ser utilizado, a aplicação dos tijolos, e o tipo de aditivo utilizado, para a melhoria das características do material, como as resinas e as fibras.

As resinas como óleos minerais, vegetais ou animais, tem o objetivo de preencher melhor os vazios ou espaços entre os grãos maiores pelos menores. Promovendo assim maior plasticidade para a mistura, tornando a secagem mais uniforme, e propiciando um maior grau de resistência ao adobe. (JUNIOR, 1983)

Segundo Junio (1983) as fibras atuam como elementos de ligação, evitando que fissuras de tensões tenham continuidade em trincas, levando a estrutura ao colapso. E também como elemento de aeração, isso porque as estruturas internas da fibra, possuem ar, o que

diminui o tempo de secagem das camadas internas do tijolo, diminuindo assim a diferença em relação as camadas externas, atenuando as tensões causadas por essa diferença. (FERNANDES e TAVARES, 2016)

Desta forma, o estudo da incorporação das fibras ao adobe faz-se necessário. E a fibra incorporada ao adobe neste trabalho será estudada na sequência.

2.3 FIBRAS VEGETAIS

As fibras podem ser divididas em três classes: minerais, naturais e artificiais. As fibras naturais são subdivididas quanto à sua origem: animal ou vegetal, e as fibras artificiais são classificadas segundo sua composição. As fibras minerais apresentam cadeias cristalinas com grande comprimento. Das fibras naturais, as de origem animal possuem cadeias proteicas, enquanto que as vegetais têm natureza celulósica (BARBOSA, 2011).

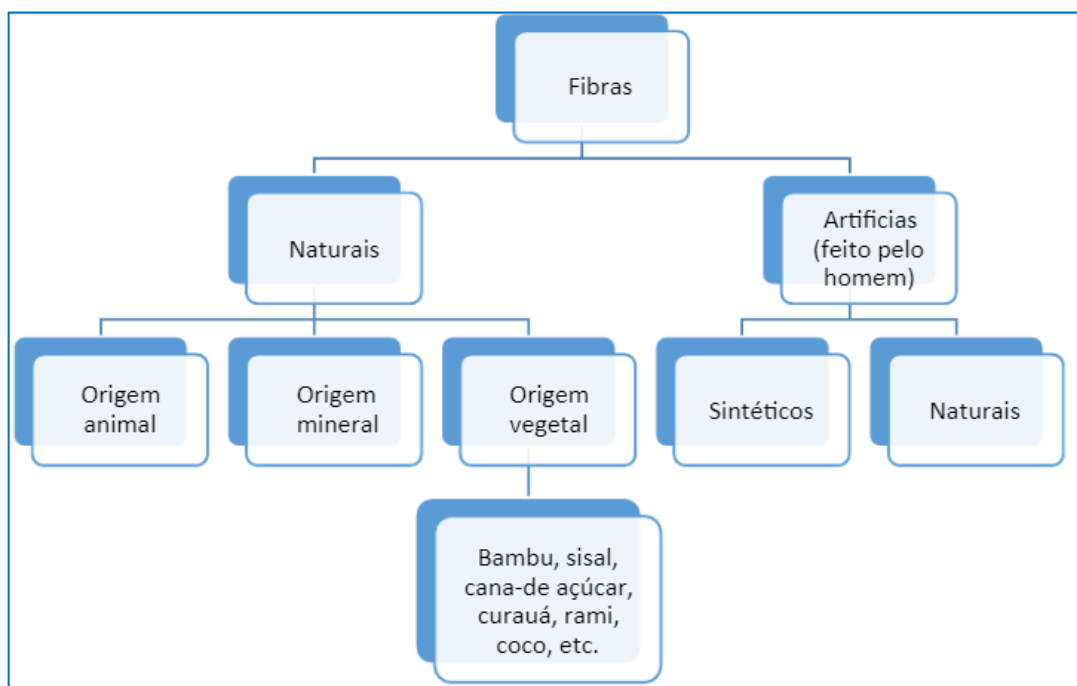


Figura 2.6: Classificação de fibras
Fonte: (OLIVEIRA, 2016)

As fibras vegetais são utilizadas como reforço na construção civil há milênios. As principais fibras vegetais utilizadas na construção civil são: o sisal, o coco, o bambu, o rami e o curauá. Neste trabalho, a fibra vegetal que será empregada nos tijolos de adobe será o bagaço de cana-de-açúcar, que será estudada adiante.

2.3.1 Bagaço de cana-de-açúcar

A cana de açúcar chegou ao Brasil no início do século XVI e foi produzida em grande escala no nordeste brasileiro, que se converteu no maior exportador de açúcar deste período da economia brasileira que se estendeu até o século XVII (ARAÚJO; SANTOS, 2012).

Atualmente, a principal finalidade dos canaviais no Brasil é a produção do etanol. Segundo Alcarde (2018), engenheiro agrônomo e autor de informações técnicas do site da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, o bagaço da cana de açúcar é o:

Resíduo fibroso da extração do caldo pelas moendas. A quantidade produzida depende do teor de fibra da cana processada, apresentando, em média, 46% de fibra e 50% de umidade, resultando, aproximadamente, em 280 quilos de bagaço por tonelada de cana processada. Pela proporção em que é produzido e devido à sua composição, o bagaço constitui-se em um dos mais importantes subprodutos para a indústria sucroalcooleira. Suas principais aplicações são: combustível para caldeira, produção de celulose e na alimentação de gado confinado (ALCARDE, 2018).



Figura 2.7: Bagaço de Cana de Açúcar Usinado
Fonte: do autor (2019)

A composição química do bagaço de cana de açúcar foi estudada por Motta e Agopyan (2007) no estudo “Caracterização de fibras curtas empregadas na construção Civil”, onde foram analisadas as fibras de coco, sisal e bagaço de cana. Estas possuíam os seguintes constituintes químicos (Tabela 2.2):

Quadro 2.2: Análise da Composição de Fibras Naturais

Fibra Estudada	Teor de Lignina %	Teor de celulose %	teor de hemicelulose %	teor de cinzas %
Coco	33,8	49,9	11,7	1,3
Sisal	5	67,2	24,7	1,3
Bagaço de cana de açúcar	23,8	44,9	31	não determinado

Fonte: Motta e Agopyan (2007)

Correa *et. al.* (2013) fabricaram tijolos com a seguinte composição: cinza úmida do bagaço, cimento e areia na proporção de 46,60%, 13,90% e 25,60%, respectivamente. Os materiais foram misturados manualmente, moldados e secos ao ar livre. Com a pesquisa, verificou-se que as cinzas de bagaço de cana de açúcar podem substituir até 20% do cimento Portland, sem prejuízo da resistência à compressão simples, na produção de argamassas.



Figura 2.8: Tijolos confeccionados utilizando cinzas de bagaço de cana de açúcar.
Fonte: Correa *et. al.* (2013)

Mesmo com a utilização de aditivos fibrosos na produção do adobe é necessário identificar o solo trabalhado e suas particularidades, para este fim, ensaios de caracterização do solo são executados, e este será o assunto abordado a seguir.

2.4 ENSAIOS REALIZADOS NO SOLO

É de extrema importância conhecer as propriedades do solo utilizado na confecção do adobe. Segundo Pinto (2006), para identificar um solo a partir de suas partículas, são empregados dois tipos de ensaio: análise granulométrica e índices de consistência.

Normalmente, em um solo são encontradas partículas de tamanhos diferentes. Para a apuração da dimensão dos grãos de um solo, realiza-se a análise granulométrica (NBR 7.181, 1984), que é feita por duas técnicas: peneiramento e sedimentação. Entretanto, a técnica de sedimentação é utilizada quando há interesse no conhecimento da distribuição granulométrica da parte mais fina do solo (CAPUTO, 1988).

Na análise por peneiramento, o peso do solo que passa em cada peneira é considerado como “a porcentagem que passa” e é representado por um gráfico em função da abertura do diâmetro da peneira. A abertura nominal da peneira é considerada como o diâmetro das partículas. O diâmetro analisado é considerado diâmetro equivalente, pois as partículas de solo não são esféricas (PINTO, 2006).

A umidade de um solo (NBR 6457, 1986) pode ser definida como a relação entre o peso da água contida num certo volume de solo e o peso dos sólidos existente nesse mesmo volume, expressa em porcentagem (CAPUTO, 1988).

Segundo Kormam (1997), um solo seco ao ar, reduz sua umidade até certo limite, ou seja mesmo que um solo fique exposto ao ar por uma grande quantidade de tempo, sempre existirá uma umidade residual na amostra. Essa umidade que o solo seco ao ar possui é denominada umidade hidroscópica.

O comportamento das partículas pode variar conforme seu teor de umidade. Quando muito úmido, o solo se comporta como líquido. Quando este perde parte da sua água, entra em estado plástico e, quanto mais seca, torna-se quebradiço. Os limites de Liquidez e Plasticidade correspondem aos teores de umidade correspondentes às mudanças de estado do solo (PINTO, 2006).

O limite de liquidez (LL) pode ser definido como o teor de umidade em que o solo adquire o comportamento de um líquido, ou seja, que adquire a capacidade de fluir. O ensaio do limite de liquidez (NBR 6459, 1984) consiste em determinar o teor de umidade do solo, necessário para qual uma ranhura nele feita feche com 25 golpes numa concha.

Plasticidade é normalmente definida como uma propriedade dos solos, que consiste na maior ou menor capacidade de serem moldados, sob certas condições de umidade. O Limite de Plasticidade (NBR 7180, 1984) é definido como o menor teor de umidade

necessário para conseguir moldar um cilindro de 3 mm de diâmetro, rolando-se o solo na palma da mão. (CAPUTO, 1988).

A compactação de um solo é a sua densificação, isto é, consiste na expulsão dos vazios do solo por meio de golpes na amostra, colocada em um cilindro. O ensaio de Compactação Normal é também conhecido como Ensaio de Proctor (NBR 7182, 1986; PINTO, 2006).

O adobe pode ser utilizado em paredes, em tetos e coberturas. Não existem normas específicas sobre ensaios de resistência em adobe, por isso utiliza-se a norma de tijolo solo cimento como base para os dados analisados. A NBR 8492 (ABNT, 2012) estipula que a média de resistência à compressão axial dos tijolos maciço de solo cimento para alvenaria deve ser no mínimo 2,0 MPa.

3 METODOLOGIA

O solo utilizado para a confecção dos tijolos foi extraído da Fazenda Boa Vista da Grama, próxima ao Distrito de Joanópolis, na cidade de Anápolis - GO. Os tijolos de adobe foram confeccionados no local da extração.

O bagaço de cana de açúcar foi obtido a partir de resíduos sólidos da Usina Anicuns s/a Álcool e Derivados, localizada na Rodovia GO-156, km 06, s/n Zona Rural, Anicuns – GO.

Os ensaios de caracterização do solo e das fibras, utilizados para a confecção dos tijolos de Adobe, e o ensaio de resistência de compressão axial foram realizados na Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas - Henrique Santillo, com endereço na BR 153 n° 3.105 -Fazenda Barreiro do Meio, Anápolis GO.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

Os ensaios de caracterização da terra foram realizados segundo as respectivas normas vigentes.

3.1.1 Umidade higroscópica (NBR 6457, 1986)

Para a determinação da umidade hidrosfópica, uma amostra do solo utilizado para a produção dos tijolos de adobe foi seco ao ar. Então pequenas amostras foram transferidas para cápsulas de alumínio e levadas a estufa a uma temperatura de 105°C por 24h, para a secagem e determinação de umidade.

3.1.2 Limite de Liquidez (NBR 6459, 1984)

Inicialmente, tomou-se 200g da quantidade de amostra preparada conforme NBR 6457/86. Logo após, essa quantidade de amostra foi transferida para uma cápsula de porcelana para serem adicionados pequenos incrementos de água destilada, com o objetivo de obter uma pasta homogênea. A mistura foi amassada e revolvida, vigorosa e continuamente com o auxílio da espátula.

Para o início do ensaio, transferiu-se uma porção desta pasta para a concha do aparelho Casagrande, este possui uma concha que se movimenta com o giro de uma manivela. A pasta foi espalhada sobre a superfície circular do aparelho de forma que, na parte central a espessura fosse aproximadamente 10 mm. Posteriormente, o solo foi dividido em duas partes com o cinzel, de forma perpendicular à superfície da concha. Assim, foi formada uma ranhura na parte central da pasta, como demonstra a figura 3.1.



Figura 3.1: Etapas do ensaio de limite de liquidez
Fonte: do autor (2019)

Em seguida, girou-se a manivela do aparelho, na razão de duas voltas por segundo, e foi anotado o número de golpes necessário para que as bordas inferiores das ranhuras se unissem. Então, uma pequena amostra do local onde as bordas se uniram foi retirada para secagem em estufa, para a determinação do teor de umidade (ABNT, 1986). O ensaio foi repetido cinco vezes com teores de umidade diferentes.

Para o cálculo do teor de umidade utilizou-se a formula:

$$h = \frac{P_{cápsula\ mais\ solo\ úmido} - P_{cápsula\ mais\ solo\ seco}}{P_{cápsula\ mais\ solo\ seco} - P_{cápsula}} \times 10$$

Onde:

h-umidade;

P_{cápsula mais solo úmido}- Peso da cápsula mais o peso do solo úmido;

P_{cápsula mais solo seco}- Peso da cápsula mais o peso do solo seco;

Pcápsula – Peso da cápsula;

Em seguida, construiu-se um gráfico, colocando no eixo das abcissas os teores de umidade, e no eixo das ordenadas o número de golpes. O limite de liquidez é dado pelo teor de umidade correspondente a 25 golpes.

3.1.3 Limite de Plasticidade (NBR 7180, 1984)

Para a execução deste ensaio, preparou-se a amostra de acordo com NBR 6457/86. A amostra foi transferida para uma cápsula de porcelana e pequenas quantidades de água foi acrescida à mesma. O solo foi amassado e revolvido, com o auxílio de uma espátula metálica, até que se obteve uma pasta homogênea de consistência plástica.

Tomou-se cerca de 10g desta pasta e formou-se uma pequena bola. Para transformá-la em forma cilíndrica, a pasta foi rolada sobre a placa de vidro com pressão suficiente na palma das mãos até atingir um diâmetro de 3 mm e um comprimento na ordem de 100mm, conforme a figura 3.2. Transferiu-se parte deste material para uma cápsula de alumínio e esta foi levada para a estufa, para determinação do teor de umidade, conforme NBR 6457. Repetiu-se as operações de moldagem do cilindro com forma e consistência satisfatórias para obtenção de pelo menos três valores distintos de teor de umidade.

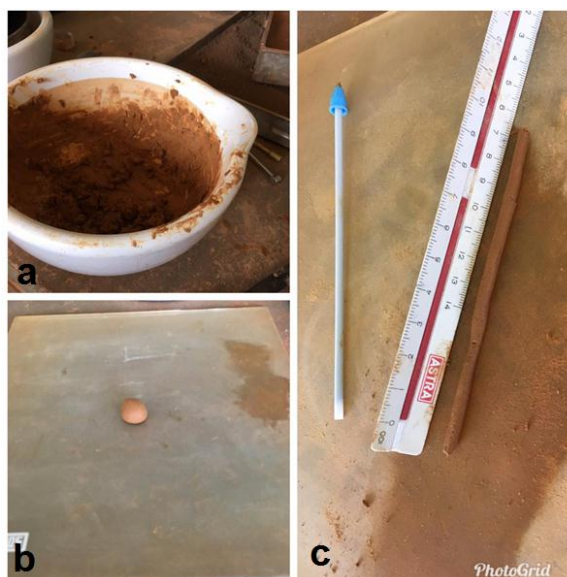


Figura 3.2: Etapas do ensaio de Índice de Plasticidade
Fonte: do autor (2019)

Calculou-se o teor de umidade dos cilindros contidos em cada cápsula, através da fórmula:

$$h = \frac{P_{\text{cápsula mais solo úmido}} - P_{\text{cápsula mais solo seco}}}{P_{\text{cápsula mais solo seco}} - P_{\text{cápsula}}} \times 10$$

Onde:

h – Umidade em %;

$P_{\text{cápsula mais solo úmido}}$ - Peso da cápsula mais o peso do solo úmido em g;

$P_{\text{cápsula mais solo seco}}$ - Peso da cápsula mais o peso do solo seco em g;

$P_{\text{cápsula}}$ – Peso da cápsula em g;

O limite de plasticidade foi obtido através da média aritmética das umidades obtidas no ensaio, como demonstra a equação:

$$LP = \frac{\sum hi}{i}$$

Onde:

LP - Limite de plasticidade em %

$\sum hi$ - Soma das umidades obtidas no ensaio

i – Número de ensaios realizados

Conhecidos os valores do limite de plasticidade e do limite de liquidez foi possível calcular o índice de plasticidade, este mede a plasticidade do solo, e representa a quantidade de água necessária a acrescentar ao solo para que este passe de estado plástico para estado líquido.

$$\text{Índice de Plasticidade} = \text{Limite de Liquidez} - \text{Limite de Plasticidade}$$

3.1.4 Compactação (Ensaio de Proctor) (NBR 7182, 1986)

O Ensaio de Proctor é normatizado pela NBR 7182 de 1986. Inicialmente, preparou-se a amostra, destorroando o solo e passando o material na peneira com abertura de 4,8mm. O solo então foi transferido para uma forma de metal e água destilada foi incorporada à mistura, até que o teor de umidade atingisse em torno de 5% abaixo da umidade ótima.

A amostra úmida foi transferida para o cilindro de compactação, até que atingisse um terço do volume do mesmo, e com o auxílio do soquete, a amostra foi compactada com 25 golpes. Após isso, a amostra foi escarificada, ou seja, foram feitas ranhuras para que a próxima camada se aderisse à primeira. O procedimento foi repetido mais duas vezes até que o molde fosse preenchido completamente. O molde preenchido pela amostra foi pesado, e

uma pequena amostra foi retirada para determinação do teor de umidade. O ensaio foi feito mais quatro vezes, para a obtenção da curva de compactação (Figura 3.3).



Figura 3.3: Corpo de prova moldado, no cilindro de compactação
Fonte: do autor (2019)

Para a obtenção da curva inicialmente calculou-se o peso específico aparente do solo úmido γ .

$$\gamma = \frac{\text{Peso do solo compactado}}{\text{Volume do cilindro}}$$

Onde:

γ – peso específico aparente do solo úmido em kg/cm^3

Peso do solo compactado em Kg

Volume do cilindro em cm^3

Posteriormente, calculou-se o teor de água de cada corpo de prova h .

$$h = \frac{P_{\text{cápsula mais solo úmido}} - P_{\text{cápsula mais solo seco}}}{P_{\text{cápsula mais solo seco}} - P_{\text{cápsula}}} \times 10$$

Onde:

h – Umidade em %;

$P_{\text{cápsula mais solo úmido}}$ - Peso da cápsula mais o peso do solo úmido em g;

$P_{\text{cápsula mais solo seco}}$ - Peso da cápsula mais o peso do solo seco em g;

$P_{\text{cápsula}}$ – Peso da cápsula em g;

Conhecidos os valores de γ e h , calculou-se o valor do peso específico aparente seco γ_s :

$$\gamma_s = \gamma \times \frac{100}{100 + h}$$

Onde:

γ_s – peso específico aparente do solo seco em kg/cm^3

γ – peso específico aparente do solo umido em kg/cm^3

h - umidade em %;

Com os valores do teor de umidade e do peso específico aparente seco, traçou-se a curva de compactação deste solo.

3.1.5 Granulometria (NBR 7.181, 1984)

Inicialmente o solo foi preparado, conforme a NBR 6457/86, tomou-se uma quantidade de amostra deste material para ser ensaiado. Em seguida o conjunto de peneiras de aberturas 9,5 – 4,8 – 1,2 – 0,6 – 0,42 – 0,25 - 0,15- 0,075 mm, foi colocado em um aparelho agitador de peneiras como mostra a figura 3.4.

A Amostra preparada foi pesada e colocada na peneira com maior abertura na malha, a de 9,5 mm. Então o aparelho agitador foi ligado, e a massa de amostra retida em cada peneira foi pesada em uma balança com resolução de 0,01g.



Figura 3.4: Ensaio de granulometria, no agitador de peneiras.
Fonte: do autor

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO BAGAÇO DE CANA DE AÇÚCAR

A amostra de bagaço de cana, utilizada no projeto, foi cedida pela Usina de Álcool de Anicuns, e teve suas dimensões calculadas com o auxílio de um escalímetro como mostra a figura 3.5.



Figura 3.5: Dimensões das fibras de bagaço de cana de açúcar
Fonte: do autor (2019)

3.3 PRODUÇÃO DOS TIJOLOS DE ADOBE

Para a fabricação dos Adobes moldados, serão realizadas as etapas seguintes.

3.3.1 Extração e preparação da terra

Após a extração da terra, foi feita sua preparação. Os torrões de argila foram desfeitos e os grãos e raízes foram separados da amostra com o auxílio de uma peneira. Este procedimento foi feito para facilitar o manuseio da matéria prima seca.



Figura 3.6: Preparação da terra
Fonte: do autor (2019)

3.3.2 Adição das fibras de Bagaço de Cana de Açúcar

Posteriormente à preparação da terra, foi adicionado o bagaço de cana. O solo foi dividido em 6 partes para a adição das fibras. As porcentagens utilizadas foram de 0%, 10%, 20%, 30%, 40% e 50% do volume do solo. Para cada porcentagem, foram produzidos 5 (cinco) misturas de adobes.



Figura 3.7: Adição de fibras de bagaço de cana ao solo
Fonte: do autor (2019)

3.3.3 Adição de água à mistura (terra + fibras)

Segundo Fernandes e Tavares (2016), para a produção do adobe, é necessário a proporção de 1m^3 de água para 5m^3 de terra. Este volume é o mínimo de água recomendado para que a terra adquira o estado plástico que permite a moldagem.

Dessa forma, foi adicionada esta proporção de água. Como o conhecimento das práticas construtivas do Adobe são ainda muito empíricos e demandam conhecimentos práticos sobre o comportamento dos solos, quando necessário adicionava-se mais ou menos água, a fim de tornar a matéria prima moldável sem que o adobe se deformasse, ou seja, quando a mistura da terra com a água atingisse o seu estado plástico, o processo de amassar essa mistura foi feito com os pés.



Figura 3.8: Processo de amassar o barro
Fonte: do autor (2019)

3.3.4 Manufatura manual ou moldagem

- **Formas**

A forma utilizada para a moldagem dos tijolos foi confeccionada com madeira de pinus e parafusos com as dimensões:

0,24m de comprimento x 0,14m de largura x 0,08m de altura

- **Moldagem**

A moldagem do adobe demanda conhecimentos práticos sobre o solo e de termos construtivos.

A forma foi untada com areia, para que a massa não aderisse às paredes do molde. A mistura já preparada foi colocada dentro das formas e regularizada manualmente de forma que preenchesse completamente o molde. Então, a forma foi retirada e começou o processo de secagem do adobe.



Figura 3.9: Moldagem e secagem do adobe
Fonte: do autor (2019)

- **Secagem**

Segundo Rotondaro (2011), o tempo de secagem necessário dos tijolos de adobe varia de 1 (uma) a 2 (duas) semanas ao ar livre. O adobe foi seco ao ar durante 22 dias, para então ser submetido ao ensaio de compressão axial (Figura 3.10).



Figura 3.10: Tijolos de adobe secos
Fonte: do autor (2019)

3.4 ENSAIO REALIZADO NO ADOBE

Os adobes serão analisados quanto a sua resistência à compressão axial.

- **Ensaio de Resistencia Axial**

Os tijolos de Adobe não possuem uma Norma Brasileira para a realização de seu ensaio de resistência à compressão axial. Por isso, a norma ABNT NBR 15270-3:2005 foi usada como referência na preparação dos tijolos e, posteriormente, no ensaio de compressão axial.

Os tijolos foram capeados com gesso (figura 3.11) para que as superfícies em contato com a prensa fossem uniformizadas. Posteriormente, suas dimensões foram medidas para o calculo da área da seção, se faz necessário pois a mesma será utilizada no cálculo da tensão máxima.



Figura 3.11: Tijolos de adobe capeados
Fonte: do autor (2019)

Em seguida, os tijolos foram ensaiados no laboratório de Resistência dos Materiais do Departamento de Engenharia Civil, na Universidade Estadual de Goiás, como mostra figura 3.12.



Figura 3.12: Adobe após ser submetido ao ensaio de compressão
Fonte: Autor (2019)

A resistência à compressão axial simples é dada pela tensão máxima que o corpo de prova suporta antes de sua ruptura, e esta é calculada pela fórmula:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Onde:

σ - Tensão máxima (MPa);

F - Carga máxima de ruptura (KN);

A – Área da secção transversal do corpo de prova (m);

3.5 ANÁLISE DOS DADOS

Os resultados obtidos das análises físicas do solo e do bagaço de cana e dos ensaios realizados com os tijolos de Adobe foram apresentados em tabelas e gráficos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO

4.1.1 Índices Físicos

4.1.1.1 Umidade higroscópica

Segue a tabela 4.1 com os dados obtidos para a determinação da umidade higroscópica

Tabela 4.1: Dados obtidos no ensaio de umidade higroscópica do solo utilizado para confecção dos adobes

Dados	Cápsula N°				
	103/4	21	5	24	242
Massa da cápsula (g)	4,65	4,69	8,53	4,83	8,81
Amostra úmida + cápsula (g)	17,55	14,55	18,64	14,45	20,35
Amostra seca + cápsula (g)	17,42	14,46	18,53	14,35	20,25
Solo (g)	12,77	9,77	10	9,52	11,44
Água (g)	0,13	0,09	0,11	0,1	0,1
Umidade (%)	1,02	0,92	1,10	1,05	0,87

O valor da umidade higroscópica (H_{higr}) é obtido calculando a média dos valores encontrados nos ensaios, portanto $H_{higr}=1,02\%$. O teor de umidade encontrado é relativamente baixo, pois a amostra já havia secado ao ar.

Segundo Kormann (1997) o teor de umidade higroscópica tende a ser maior a medida que o solo for mais argiloso. Nos solos com graduação mais grossa como areia e pedregulhos este é praticamente desprezível.

O resultado obtido por Oliveira (2016), que utilizou de um solo da mesma região foi de $H_{higr}=1,47\%$, mostrando similaridade entre os resultados, como a umidade encontrada foi praticamente desprezível, a amostra pode ser considerada arenosa. Entretanto deve-se atentar para os resultados e análises, obtidas por todos os ensaios de caracterização.

4.1.1.2 Limite de Liquidez (LL)

Segue na Tabela 4.2 os resultados obtidos no ensaio de Limite de Liquidez

Tabela 4.2: Resultados obtidos no ensaio de limite de liquidez do solo utilizado para confecção dos adobes

Dados	Cápsula N°					
	105	81	106/8	153	347	47
Massa da cápsula (g)	18,54	16,7	28,13	13,87	18,74	17,22
Amostra úmida + cápsula (g)	30,45	29,43	40,48	26,85	30,44	27,41
Amostra seca + cápsula (g)	27,46	25,89	37,54	23,36	27,59	24,83
Solo (g)	8,92	9,19	9,41	9,49	8,85	7,61
Água (g)	2,99	3,54	2,94	3,49	2,85	2,58
Umidade (%)	33,52	38,52	31,24	36,78	32,20	33,90
Número de Golpes	22	9	34	12	32	25

O limite de liquidez é dado pelo teor de umidade correspondente a 25 golpes, na reta do gráfico de umidade x número de golpes. como mostra a figura 4.1:

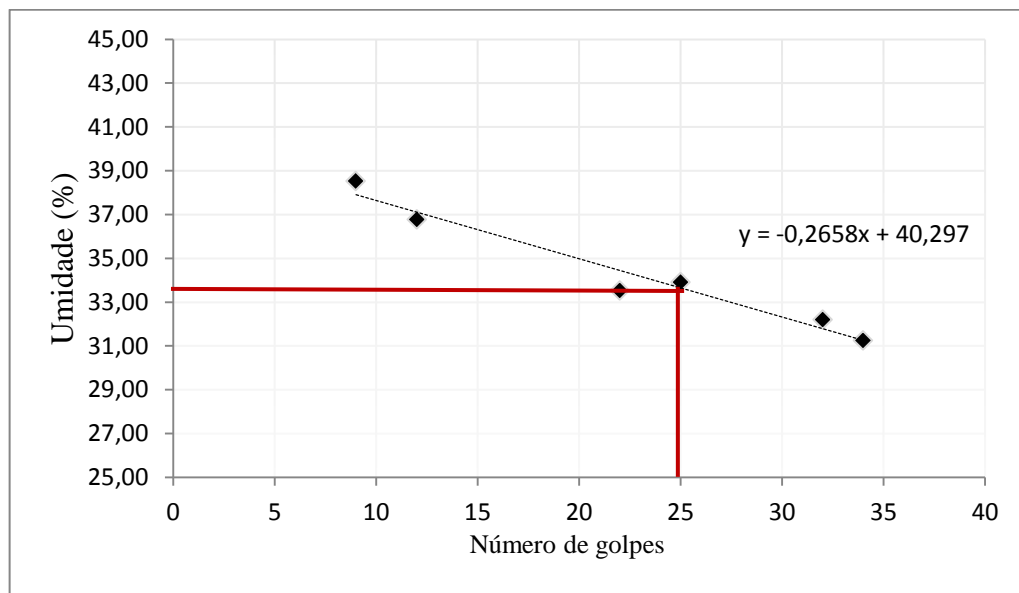


Figura 4.1: Limite de Liquidez

O Limite de liquidez encontrado foi de 34%, o resultado será analisado adiante, quando os dados o limite de plasticidade, e o índice de liquidez forem definidos, pois os limites de atterberg devem ser analisados juntos.

4.1.1.3 Limite de Plasticidade (LP)

Os resultados obtidos no ensaio de índice de plasticidade seguem abaixo, na tabela 4.3:

Tabela 4.3: Resultados do Ensaio de Limite de Plasticidade

Dados	Cápsula N°				
	73	15	7	21	103/04
Massa da cápsula (g)	7,98	4,55	7,45	4,71	4,66
Amostra úmida + cápsula (g)	9,61	6,34	9,12	6,82	6,72
Amostra seca + cápsula (g)	9,4	6,1	8,9	6,55	6,45
Solo (g)	1,42	1,55	1,45	1,84	1,79
Água (g)	0,21	0,24	0,22	0,27	0,27
Umidade (%)	14,79	15,48	15,17	14,67	15,08

Realizando o cálculo obteve-se o limite de plasticidade igual a 16%. Obtidos os valores do limite de plasticidade e do limite de liquidez, calcula-se o índice de plasticidade, que neste solo é igual a 18% (tabela 4.4).

Tabela 4.4: Resultados dos limites de consistência obtidos nos ensaios

Limites de Consistência	Valores (%)
Limite de liquidez (LL)	34
Limite de plasticidade (LP)	16
Índice de plasticidade (IP)	18

Os limites de consistência influenciam no comportamento do solo quanto a sua compressibilidade Segundo Pinto (2006), quanto maior IP e LP, maior sua compressibilidade. A tabela 4.5, que indica os limites de consistência de alguns solos brasileiros, conforme os resultados obtidos este solo apresenta o perfil de um solo arenoso fino.

Os resultados obtidos se diferem dos encontrados por Oliveira (2016), que apresentou IP de 24%. Mas demonstra semelhança com os resultados obtidos por Costa et al. (2014) com índice de plasticidade de 13%. Isso se deve ao fato de que cada jazida de solo é diferente e recebe interferência, do tipo de rocha que é formada, e do clima do local. Segundo a classificação de Jenkins, este solo pode ser classificado como mediantemente plástico, por apresentar IP entre 7 e 15.

Tabela 4.5: Índices de Atterberg, de alguns solos brasileiros

Solos	LL %	IP %
Residuais de arenito (arenosos finos)	29 a 44	11 a 20
Residual de gnaise	45 a 55	20 a 25
Residual de basalto	45 a 70	20 a 30
Residual de granito	45 a 55	14 a 18
Argilas orgânicas de várzeas quaternárias	70	30
Argilas orgânicas de baixadas litorâneas	120	80
Argila porosa vermelha de São Paulo	65 a 85	25 a 40
Argilas variegadas de São Paulo	40 a 80	15 a 45
Areias argilosas variegadas de São Paulo	20 a 40	5 a 15
Argilas duras, cinzas, de São Paulo	64	42

Fonte: (PINTO, 2006)

4.1.1.4 Compactação (Proctor Normal)

Os resultados obtidos no ensaio de Proctor são apresentados na tabela 4.6.

Tabela 4.6: Resultados obtidos no ensaio de compactação

Dados	AMOSTRAS					
	1	2	3	4	5	6
Número da capsula	110/2	15	73	27	1	238
Massa Proctor (g)	3720	3720	3720	3720	3720	3720
Massa Proctor + solo (g)	5250	5540	5760	5740	5690	5660
Peso solo compactado (g)	1530	1820	2040	2020	1970	1940
Massa específica aparente úmida (g/cm ³)	1,53	1,82	2,04	2,02	1,97	1,94
Massa específica aparente seca (g/cm ³)	1,40	1,58	1,68	1,61	1,51	1,47
Massa da capsula (g)	7,39	4,61	7,78	7,81	7,63	8,46
Amostra úmida+cápsula (g)	14,65	19,11	21,11	15,81	23,8	24,99
Amostra seca + cápsula (g)	14,01	17,17	18,79	14,17	20,01	20,97
Solo (g)	6,62	12,56	11,01	6,36	12,38	12,51
Água (g)	0,64	1,94	2,32	1,64	3,79	4,02
Umidade (%)	9,67	15,45	21,07	25,79	30,61	32,13

A figura 4.2 apresenta a curva de compactação do solo, obtida através do ensaio de compactação de Proctor Normal, onde a altura máxima da curva indica no eixo das abcissas a umidade ótima de 19% e no eixo das ordenadas aponta a massa específica aparente seca máxima de 1,68 g/cm³.

Os resultados de Oliveira (2016) e Costa et al (2014) se assemelham nos resultados obtidos pelo ensaio realizado o primeiro com umidade ótima de 18,5 % e o segundo com o valor de 16%.

Segundo Pinto (2006), o solo ensaiado apresenta características de solo arenoso laterítico fino. Este resultado confirma a análise feita com os resultados dos ensaios de limites de consistência, que caracterizaram o solo como arenoso fino.

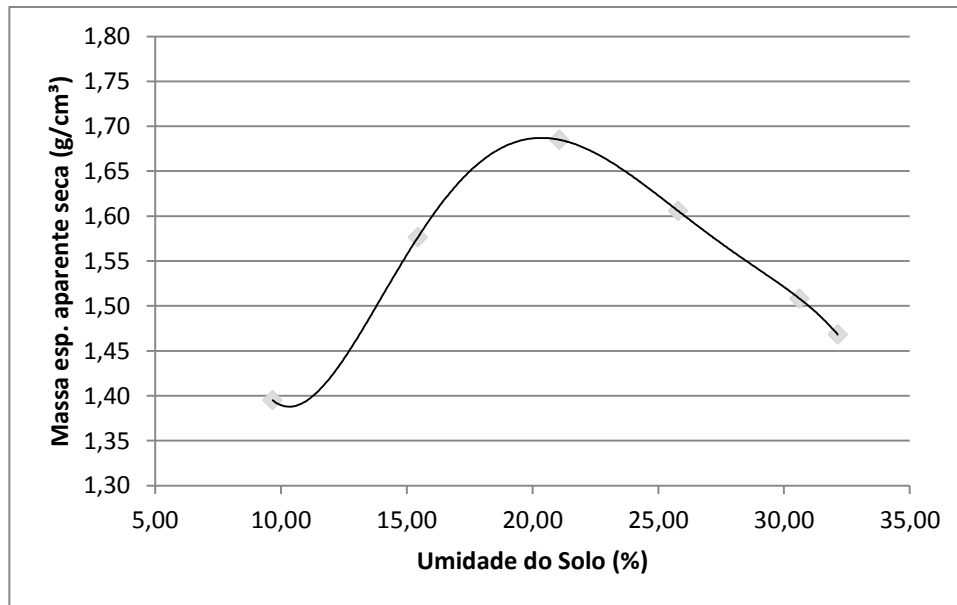


Figura 4.2: Curva de compactação do solo

4.1.1.5 Granulometria

A tabela 4.7 apresenta os resultados obtidos no ensaio de granulometria.

Tabela 4.7: Resultados do ensaio de granulometria

N Peneira(mm)	Massa Retida (g)	Massa Acumulada (g)	% Passando
9,50	0,00	0,00	100,00
4,80	15,83	15,83	96,83
2,00	46,18	62,01	87,57
1,20	63,82	125,83	74,77
0,60	73,63	199,46	60,01
0,42	50,20	249,66	49,95
0,25	97,37	347,03	30,43
0,15	64,30	411,33	17,54
0,08	59,38	470,71	5,64
<0,075	28,11	498,82	0,00

Segundo Pinto (2016), o solo apresenta a curva granulométrica semelhante a de um solo laterítico arenoso fino. E confirmando o resultado analisado, 82% da amostra é formada

por areia, como mostra a tabela 4.8. O solo apresentou resultados semelhantes ao solo analisado por Oliveira (2016), que utilizou solo da mesma região em seus ensaios.

Tabela 4.8: Percentual de frações do solo

Frações do solo	Percentual (%)
Pedregulho	12,4
Areia grossa	27,6
media	29,6
Fina	24,8
Silte + Argila	5,6

A figura 4.3, mostra a distribuição granulométrica, através do gráfico obtido com os resultados do ensaio de granulometria. Neste podemos perceber que grande parte da amostra fica retida nas peneiras com abertura entre 0,3 e 4,8 o que demonstra que o solo apresenta características de solos arenosos.

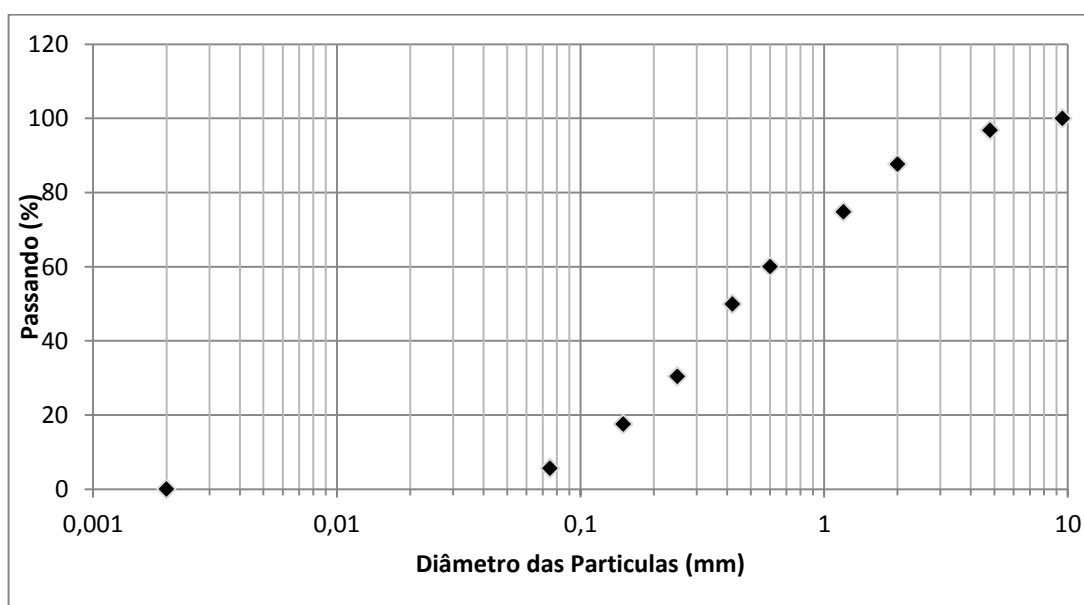


Figura 4.3: Distribuição granulométrica

4.1.1.6 Caracterização do bagaço de cana de açúcar

Por se tratar de um material usinado, as fibras apresentavam cor e dimensões praticamente uniformes, variando entre 2 a 5 cm de comprimento e de 1 a 3 mm de largura. O que possibilitou melhor aderência a mistura.

4.1.1.7 Ensaio de Compressão Axial

4.1.1.7.1 Tijolos de adobe sem adição de fibras

Todos gráficos resultantes dos ensaios de compressão axial dos tijolos de adobe realizados na prensa estão apresentados em Anexo.

Dos adobes rompidos, a única percentagem de bagaço de cana-de-açúcar, que possibilitou uma análise quanto a sua resistência à compressão axial, foi o sem adição de bagaço-de-cana, pois foi o único que apresentou força máxima de ruptura como demonstra a Figura 4.4.

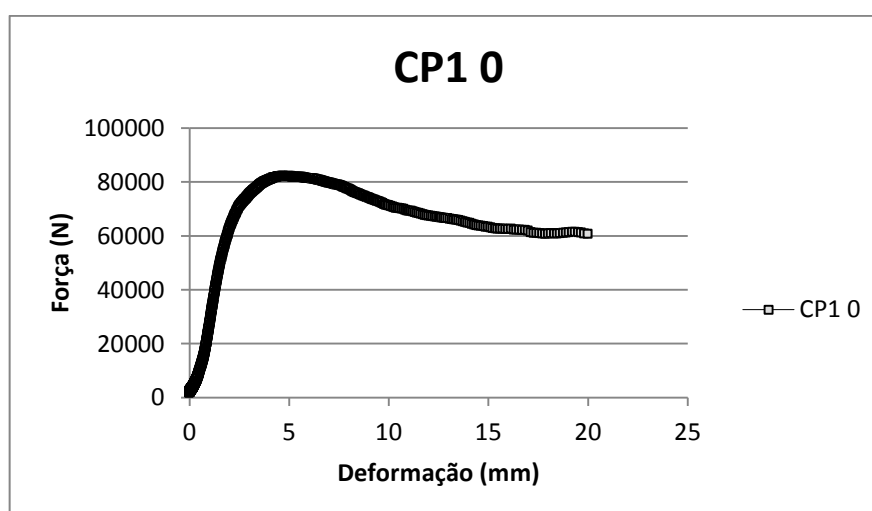


Figura 4.4: Resultado do ensaio de compressão axial, em adobe com 0% de fibra

Os resultados obtidos no ensaio de compressão axial estão apresentados na tabela 4.9

Tabela 4.9: Resultados obtidos na compressão axial do adobe com 0% de fibra de bagaço de cana de açúcar

Corpo de Prova	Força Máxima (KN)	Área (m ²)	Tensão (MPa)
CP1 0	83	0,0336	2,47
CP2 0	57	0,0328	1,74
CP3 0	69	0,0326	2,11
CP4 0	68	0,0326	2,09
CP5 0	54	0,0323	1,67
Média			2,02

Calculando a média das tensões obteve-se o valor de 2,02 Mpa este valor atende a ABNT NBR 15270-1 (2005), de componentes cerâmicos, onde o valor mínimo de resistência à compressão para blocos usados como alvenaria de vedação é de 1,5 Mpa. Os resultados obtidos por Pinheiro (2009), Carvalho e Carvalho (2016) e Amaral (2017) se assemelham

apresentam a resistência em tijolos de adobe sem adição de fibras de em média 0,80 Mpa que não atende as normas no quesito resistência a compressão axial na norma. Os resultados obtidos por Oliveira (2016) e Corrêa, Teixeira et al. (2006) para o mesmo ensaio foi de em média 2,92 Mpa, e satisfazem a NBR, quanto a resistência axial do adobe.

Essa diferença entre as resistências à compressão obtidas nos ensaios, pode ocorrer por se tratar de diferentes tipos de solo, onde cada solo possui características singulares e estas interferem diretamente na resistência axial do adobe, como a dimensão dos grãos que interferem na coesão entre as partículas do mesmo. Entretanto, pode-se notar pelos resultados obtidos, que os adobes sem adição de bagaço de cana, dependendo do solo da região, possuem resistência suficiente para serem utilizados como alvenaria de vedação, visto que este apresentou um valor maior que a tensão mínima exigida pela norma.

Isso demonstra que existe a possibilidade de usar trabalhos científicos, como este, para respaldar tecnicamente na busca de financiamento junto aos bancos brasileiros, como a CEF que, aceita o uso de novas tecnologias, mediante a apresentação de laudos que comprovem sua eficácia, e adequações a norma.

4.1.1.7.2 Tijolos de Adobe com adição de fibras de bagaço de cana-de-açúcar

Os tijolos em adobe com adição de bagaço de cana-de-açúcar, não puderam ser analisados quanto à sua resistência à compressão axial, porque a medida que o ensaio era realizado, o corpo de prova demonstrava resistência “ilimitada”, Figura 4.4, e a prensa não pode ler a força de ruptura deste. O fato pode ser explicado utilizando a mudança de angulação da curva de ruptura, Figura 4.5, durante o primeiro trecho, o adobe estava resistindo, quando a angulação muda, as fibras passam a resistir ao cisalhamento, mantendo o adobe, unido mesmo com a grande deformação.

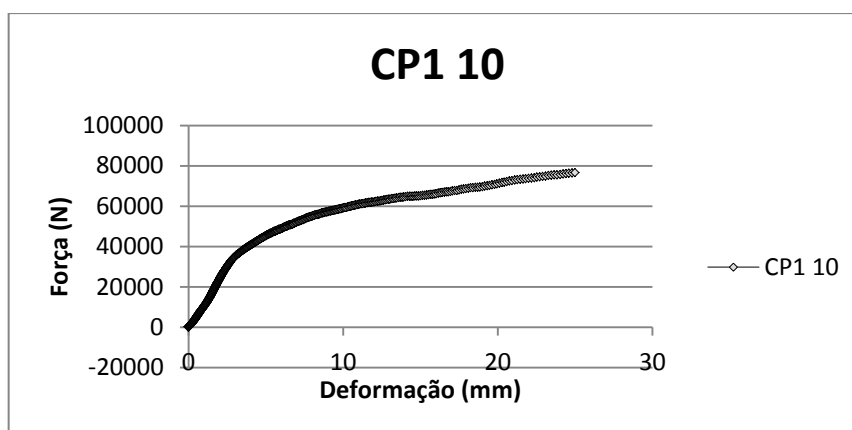


Figura 4.5: Resultado do ensaio de compressão axial, em adobe com 10% de fibra

Comparando a Figura 4.4 com a Figura 4.5, é possível verificar o instante que o tijolo de adobe rompeu, com aproximadamente 83000 N.

Analisando as Figuras 4.5 e 4.6 percebe-se, que os tijolos de adobe recebiam toda a carga imposta a eles, e deformavam até que estivesse completamente deformado não apresentando uma força máxima de ruptura.



Figura 4.6: Adobe com adição de 50% de bagaço de cana, ensaiado pela prensa

Segundo Amaral (2017) a adição de fibra do epicarpo do babaçu, proporcionou maior coesão, desta forma, no quesito coesão o adobe ensaiado por ele, apresentou o mesmo resultado quanto a deformação do adobe. No entanto, este conseguiu obter resultados de tensão máxima, e comprovou que a adição de fibra do epicarpo do babaçu é benéfica.

Os estudos de Carvalho e Carvalho (2016) de estabilização do solo pela adição de fibras naturais utilizaram percentagens menores de fibra, de 1%, 5% e 10%. Entretanto, este também apresentou significativa melhora na resistência à compressão axial.

Oliveira (2016), Soares et al. (2008) e Pinheiro (2009), apresentaram resultados semelhantes utilizando fibra de coco verde, e constatando uma melhora na resistência axial. Os adobes ensaiados por Oliveira (2016) também apresentaram a tendência da não ruptura, e sim deformação constante, esta justificou o fato devido a presença elevada de fibras e/ou o rearranjo das mesmas que proporcionaram no momento do ensaio, uma resistência elevada, embora o tijolo já estivesse totalmente deformado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O solo utilizado foi ensaiado e analisado segundo suas características físicas. Os limites de consistência apresentaram os resultados de LP de 16%, LL de 34% e IP igual a 18 %, apresentando índices de um solo arenoso fino. No ensaio de Proctor Normal, obteve-se a umidade ótima de 19% e a massa específica aparente seca de 1,68 g/cm³, caracterizado um perfil de solo laterítico fino. No estudo da granulometria do solo 82% do solo foi caracterizado como areia. Em todos os ensaios realizados os resultados obtidos manifestaram que este, se tratava de um solo arenoso.

O bagaço de cana de açúcar utilizado na confecção dos tijolos de adobe foi caracterizado como um material de dimensões e cor uniforme. Apresentando dimensões variando entre 2 a 5 cm de comprimento e de 1 a 3 mm de largura, estas proporcionaram maior coesão ao tijolo em adobe com adição de bagaço de cana-de-açúcar.

Os adobes foram confeccionados com as percentagens de adição de bagaço de cana-de-açúcar propostas no trabalho, mas somente o adobe com percentagem 0%, pôde ser analisado quanto a sua resistência axial, que foi de em média 2,02 Mpa. Este resultado foi satisfatório, pois mostra que o tijolo em adobe, no que refere a resistência axial, atende as normas de alvenaria de vedação.

A potencialidade do uso de bagaço de cana no adobe, não pode ser analisado quanto a resistência axial, sendo então necessário, a avaliação de ruptura, por outro critério, como o de deformação limite.

O resultado do ensaio de compressão axial, em adobes sem adição de bagaço de cana corrobora, para o uso de políticas públicas de financiamento bancário em casas utilizando tijolo de adobe. Pois sua resistência característica atende as normas brasileiras para alvenaria de vedação, assim como atestado por outras literaturas, estabelecendo sua segurança e durabilidade equivalentes ao material convencional.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A fim de complementar os estudos sobre tijolos de adobe com adição de bagaço de cana-de-açúcar, sugere-se:

- Avaliar o deslocamento de adobes com fibras, e propor um critério de limite de deformação para esse material.
- Avaliar outras características do adobe com adição de bagaço de cana-de- açúcar, como: durabilidade, retração e densidade.
- Avaliar a possibilidade de utilizar trabalhos científicos acadêmicos como laudos técnico-científicos, para liberação de financiamento para casas que utilizam métodos construtivos não convencionais.
- Avaliar a implantação de políticas públicas habitacionais para o uso de construções em terra crua.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCARDE, A. R. Arvore do Conhecimento - cana-de-açúcar. **Ageitec - Agencia embrapa de informação e tecnologia**, 2018. Disponível em: <acesso em 25 de outubro de 2018>.

ALEXANDRIA, S. S. S. D.; LOPES, W. G. R. A terra na construção civil: Edificações de adobe no município de Pedro II, Piauí. Fortaleza - CE, Outubro 2008.

AMARAL, F. A. D. **Bloco de Adobe: Efeitos da adição de fibra do epicarpo do babaçu**. Universidade Federal do Maranhão. São Luís, p. 68. 2017.

ARAÚJO, E. D. S.; SANTOS, J. A. P. O desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar no Brasil e sua relevância na economia nacional. **Facider Revista Científica**, p. 16, 2012. Disponível em: <file:///C:/Users/prboy/Downloads/37-189-1-PB.pdf>.

ASSENÇÃO, J. R. Matriz de Nossa Senhora do Rosário em Pirinópolis. **Projeto Foto na Strada, turismo, história, aventura e gastronomia**, 2016. ISSN http://fotostrada.com.br/2016/04/27/matriz_em_pirenopolis/. Acesso em: 10 junho 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 6459**: Solo: determinação do limite de liquidez. 6p. Rio de Janeiro: [s.n.], 1984. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 7180**: Solo: determinação do limite de plasticidade. 3p. Rio de Janeiro: [s.n.], 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 7181**: Solo: Análise granulométrica. 13p. Rio de Janeiro: [s.n.], 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 6457**: Amostras de Solos - Preparação para Ensaios de Compactação e Ensaios de Caracterização. Rio de Janeiro: [s.n.], 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 7182**: Solo: ensaio de compactação. Rio de Janeiro: [s.n.], 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 15270-3**: Componentes cerâmicos Parte3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - Métodos de ensaio 27p. Rio de Janeiro: [s.n.], 2005.

BARBOSA, A. P. Características estruturais e propriedades de compositos poliméricos reforçados com fibras de buriti. **Tese(Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais) Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro**, 2011.

BARRAQUI, D. Obra prima da antiguidade: Zigurate de Ur. **Histo é História**, 20 Abril 2016. Disponível em: <<https://doughnahistoria.blogspot.com/2016/04/obra-prima-da-antiguidade-zigurate-de-ur.html>>. Acesso em: 10 novembro 2018.

BOAS, B. V.; CONCEIÇÃO, A. Déficit de moradias no país já chega a 7,7 milhões. **Valor Econômico**, 2018. Disponível em: <<https://www.valor.com.br/brasil/5498629/deficit-de-moradias-no-pais-ja-chega-77-milhoes>>. Acesso em: 20 novembro 2018.

BOUTH, J. A. C. Estudo da pontencialidade da produção de tijolos de adobe misturado com outros materiais: uma alternativa de baixo custo pra a construção civil. **Dissetação (mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Norte**. , 2005. 71.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. **Revisão Bibliografica: Reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil**. Universidade Federal do Piauí. Piauí. 2015.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos Solos e suas aplicações, 6 ed.** Rio de Janeiro - RJ : Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1988.

CARVALHO, R. M. D.; VARUM, H.; BERTINI, A. A. Mapeamento das construções existentes em adobe no estado do ceará, Brasil -Expedição caminhos da Terra. **VII° Seminario Ibeomericano de Construcción con Tierra; II° Seminario Argentino de Arquitectura y Construcción con Tierra** , p. 5, 2009.

CARVALHO, T. M. P. D.; CARVALHO, L. F. M. **Potencialidades da estabilização física pea adição de fibras naturais**. Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Nata: [s.n.]. 2016. p. 10.

CORRÊA, A. A. R. et al. **Avaliação das propriedades físicas e mecânicas do adobe (tijolo de terra crua)**. Universidade Federal de Lavras. Lavras. 2006.

CORREA, J. C. C.; FERREIRA, F. F.; GUIMARAES, R. D. C. M. Tijolos ecologicos de bagaço de cana-de-açúcar. **EPeQ/Fafibe on-line**, p. 81, 2013.

COSTA, H. N. et al. Avaliação de tijolos de adobe com adição de cinzas e fibras do coco. **XV Encontro Nacional de Tecnologia de Ambiente do Ambiente Construído**, Novembro 2014. 11.

CRUZ, M. A história da Igreja Matriz. **O Portal do turismo de Pirinópolis**, 2018. Disponível em: <Acesso em: 20 de Outubro de 2018>.

FERNANDES, M.; TAVARES, A. **O Adobe**. Lisboa - Portugal: Argumentum, 2016.

GUILLAUD, H. . De traces em repères choisis: éloge terrestre de la brinque crue in obra referida na Bibliografia, AAVV (dir. Claire -Anne de Chazelles, Alain Klein, Nelly Pouthmonis) **Montpellier:Éditions de l'Espérou** , 2011. 35.

JALALI, S.; EIRES, R. Inovações científicas de construção em terra crua. **Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil, Campus de Azurém, Portugal, 2008.**

JUNIOR, J. L. G. **O adobe e as arquiteturas.** Simpósio y Curso Taller sobre el adobe. Lima e Cuzco, Peru: [s.n.]. 1983. p. 24.

KORMANN, A. C. M. **Ensaio de Compactação e Caracterização.** Universidade Federal do Paraná. Curitiba, p. 29. 1997.

LOTURCO, B. Financiamento Construtivo. **Téchne- Educação**, 2008. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/136/artigo287562-1.aspx>>. Acesso em: 10 junho 2019.

MCFALL, J. Histo é História. **OBRA PRIMA DA ANTIGUIDADE: ZIGURATE DE UR**, 2016. Disponível em: <<https://doughahistoria.blogspot.com/2016/04/obra-prima-da-antiguidade-zigurate-de-ur.html>>. Acesso em: 25 maio 2019.

MINK, G, Manual de Construcion para viviendas antissismicas de tierra: **Universidade de Kessel, Kessel 2005.**

MOTTA, L. A. D. C.; AGOPYAN, V. Caracterização de fibras curtas empregadas na construção civil. **Boletim Tecnico da Escola Politecnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil -São Paulo: EPUSP, 2007, 2007. 23.**

OLIVEIRA, P. F. S. Resistência mecânica de tijolos de terra crua com adição de diferentes níveis de fibras de coco. **Projeto Final, Publicação ENC., Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO, 2016. 59.**

PEREIRA, D. A. D. M. et al. Projeto de uma bioalvenaria de vedação a partir de terra crua: O caso do tijolo de Adobe. **Revista Saúde e Ciência Online; ISSN: 2317-8469**, setembro- dezembro 2014. 12.

PINHEIRO, L. T.; RANGEL, B.; VARUM, H. S. A. Construção em terra crua contemporânea dos escritórios e construtoras no Brasil e em Portugal. **II Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis**, 2016. 10.

PINHEIRO, R. **Estudo da resistência do tijolo de adobe com adição de fibras naturais de coco verde para habitações de baixo custo.** Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, p. 59. 2009.

PINTO, C. S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 Aulas. 367 p, 3 ed.** São Paulo: Oficina de textos, 2006.

PROMPT, C. **Curso de Bioconstrução.** Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Extrativismo e Desenvolvimento Rural e Sustentável. Departamento de Desenvolvimento Rural e Sustentável.. Brasília, p. 64. 2008.

ROTONDARO, R. **Adobe. 79p.** Bauru: FEB-UNESP/PROTERRA: [s.n.], 2011.

SANTIAGO, C. C. **O solo como material de construção.** 2. ed. Salvador: EDUFBA, v. 72 p, 2001.

SANTIAGO, F. Financiamento de casas que fogem da alvenaria convencional. **casa.com.br**, 2017. Disponível em: <<https://casa.abril.com.br/construcao/financiamento-de-casas-que-fogem-da-alvenaria-convencional/>>. Acesso em: 17 jun. 2019.

SAVASTANO, H. J. **Materiais a base de cimento reforçados com fibra vegetal: reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo.** [S.l.]: [s.n.], 2000.

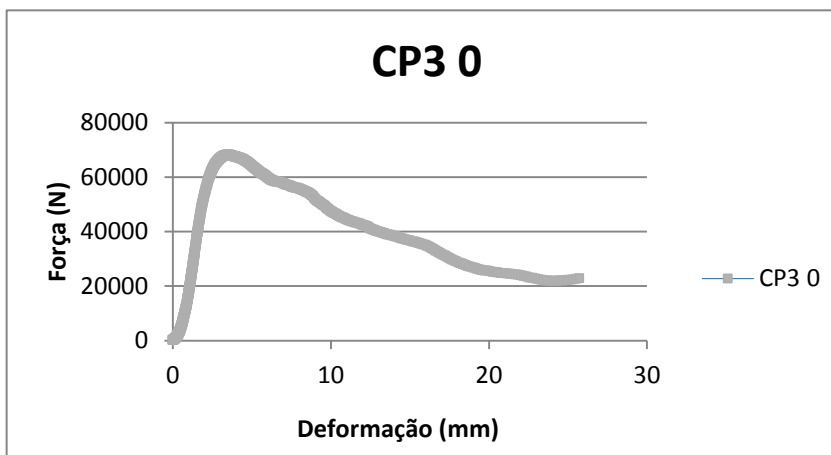
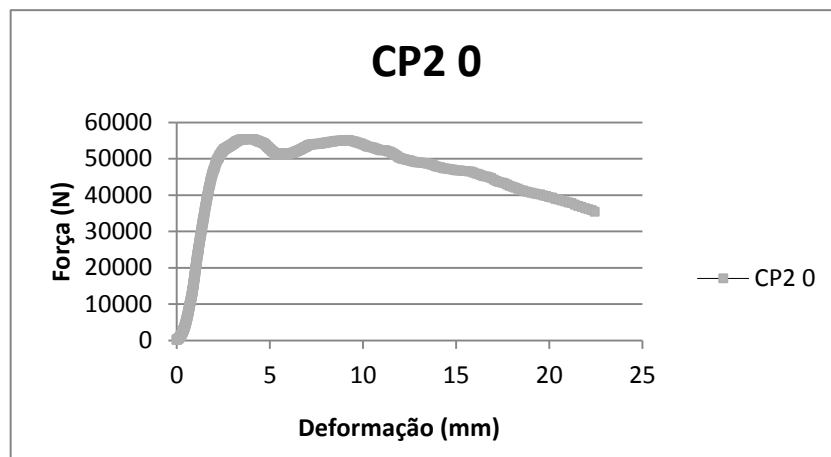
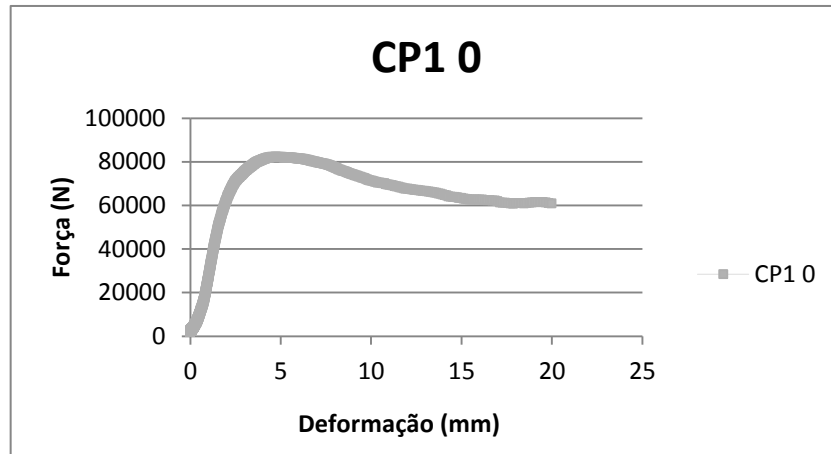
SILVA, C. G. T. D. **Conceitos e Preconceitos relativos às Construções em Terra Crua.** Rio de Janeiro: Dissertação (Mestrado em Saúde Pública), 2000.

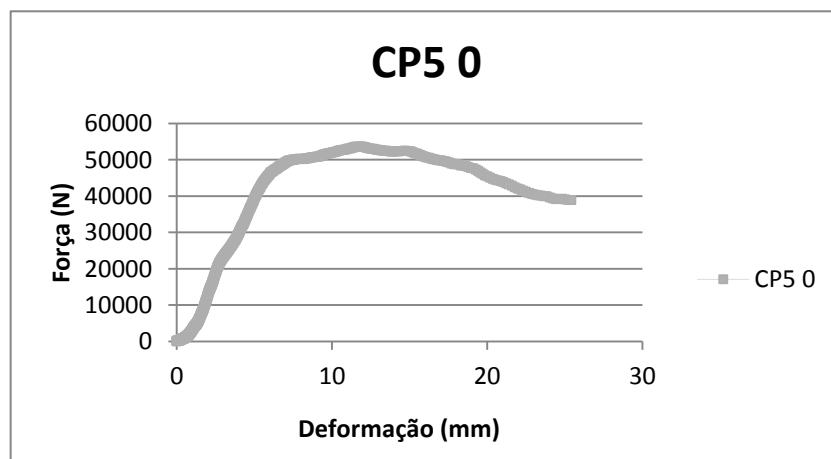
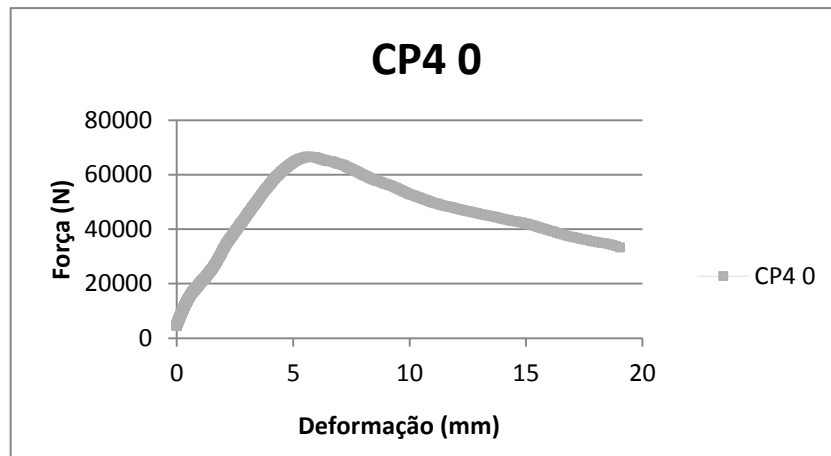
SOARES, R; SILVA, A. C., PINHEIRO, J. C. Tijolos de terra crua estabilizados com fibras de coco verde: alternativa para habitação de interesse social. Fortaleza, CE, 2008

ANEXO

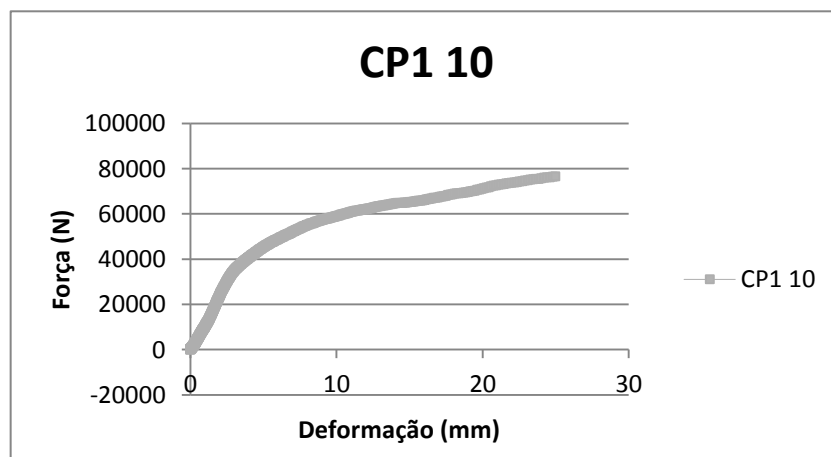
Dados dos ensaios de Compressão Axial

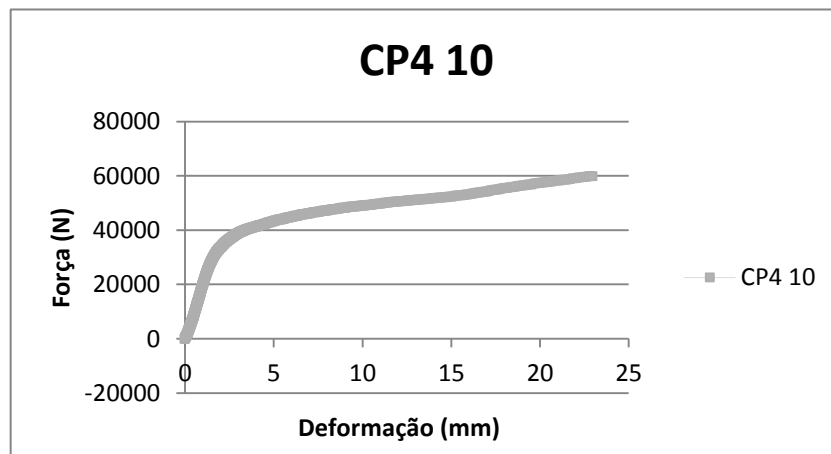
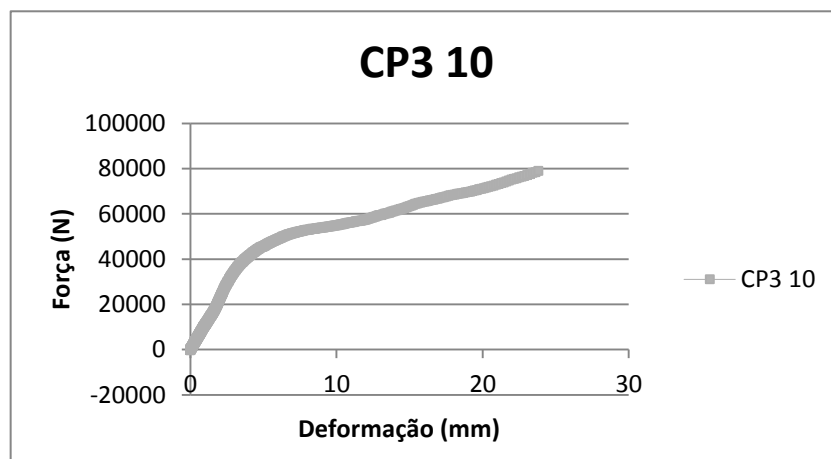
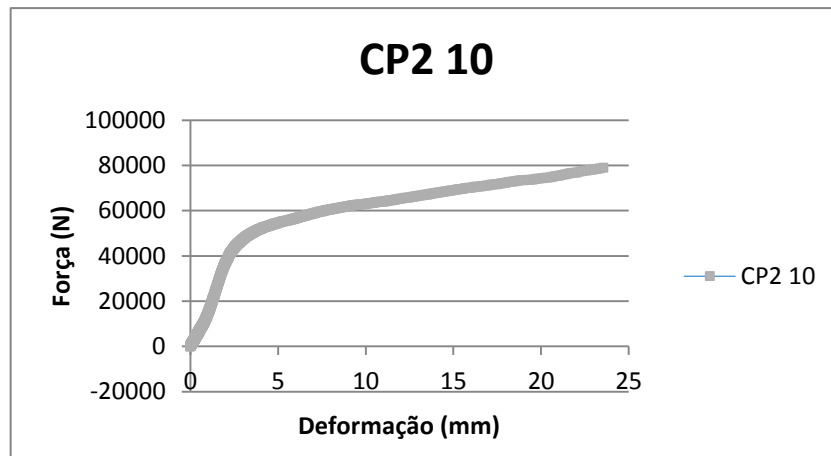
Tijolos de adobe sem adição de bagaço de cana:

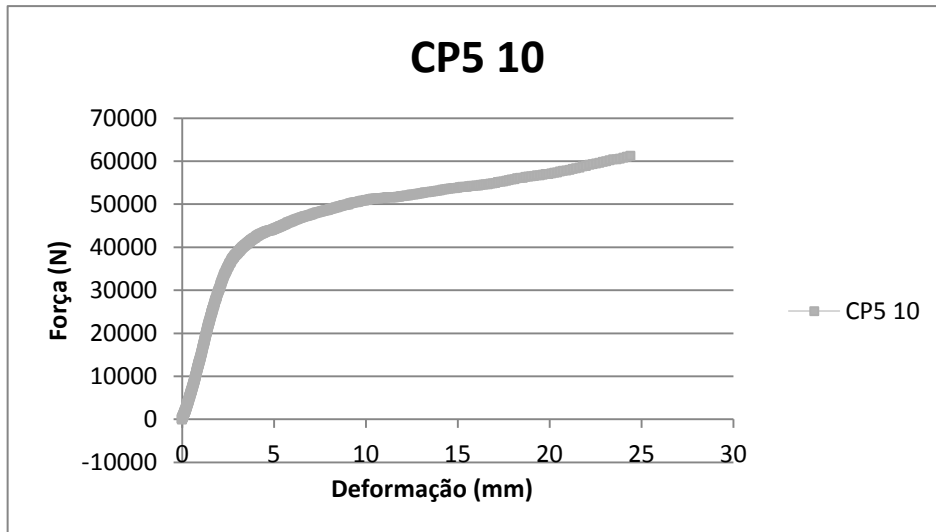




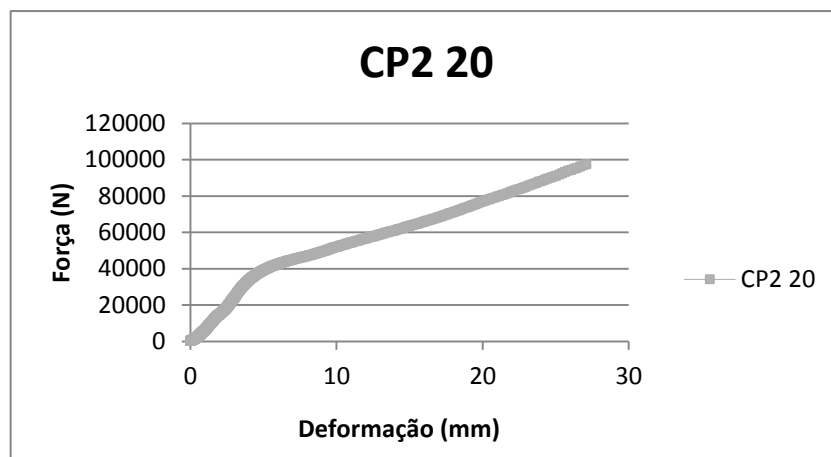
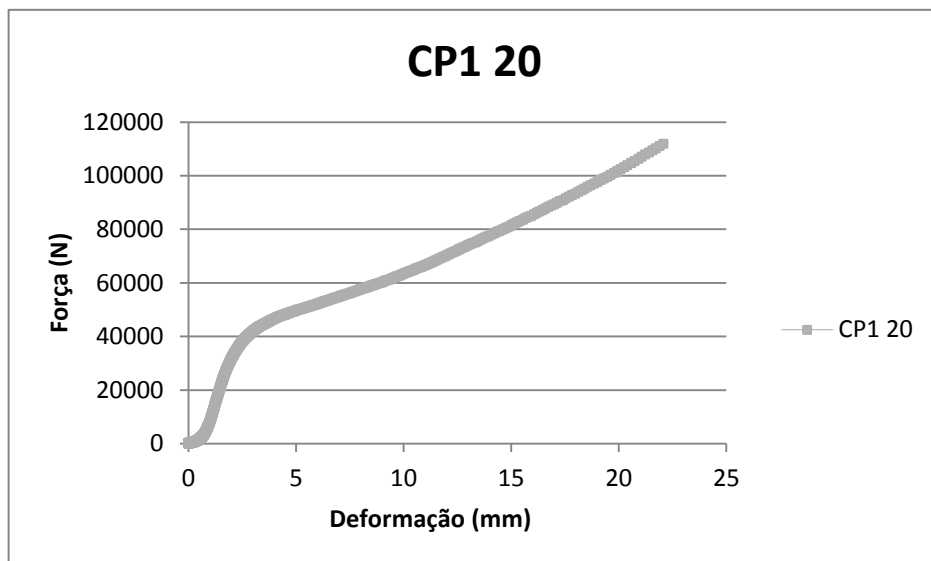
Tijolos de adobe com adição de 10 % de bagaço de cana:

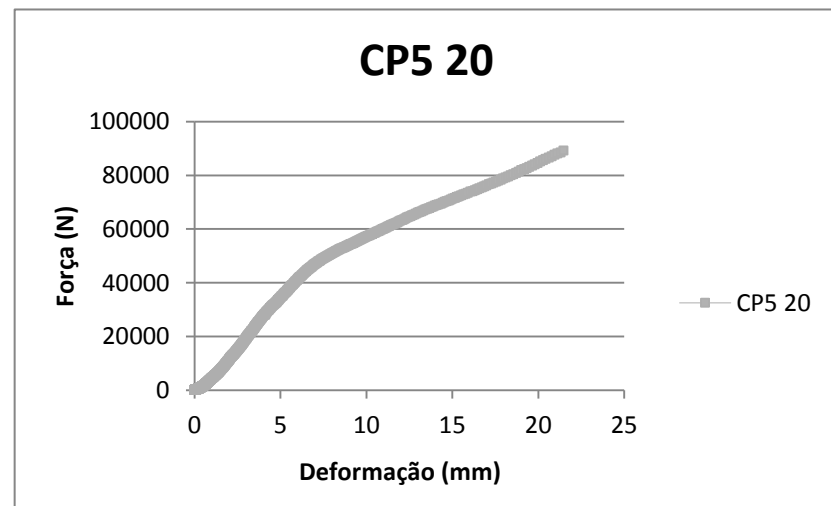
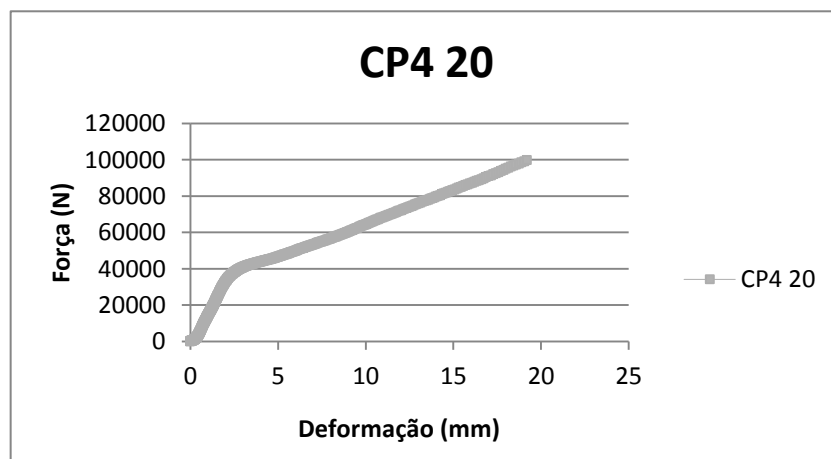
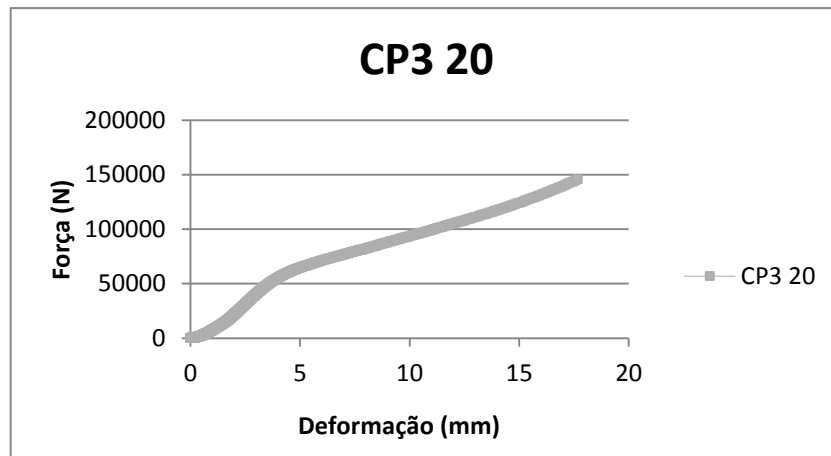




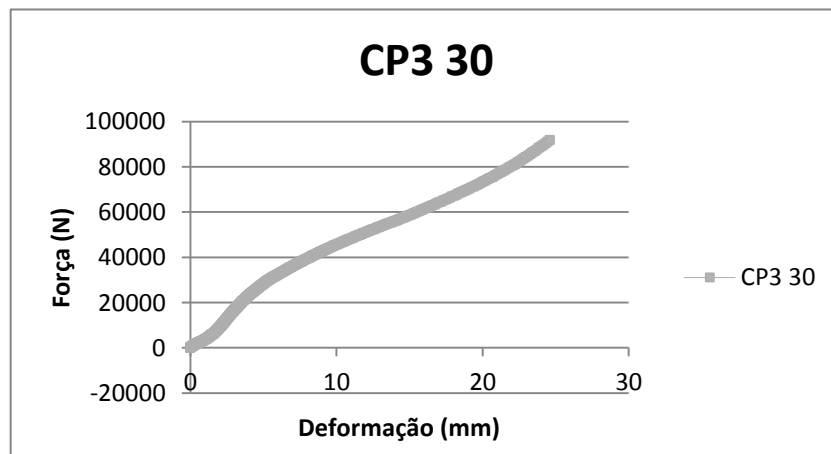
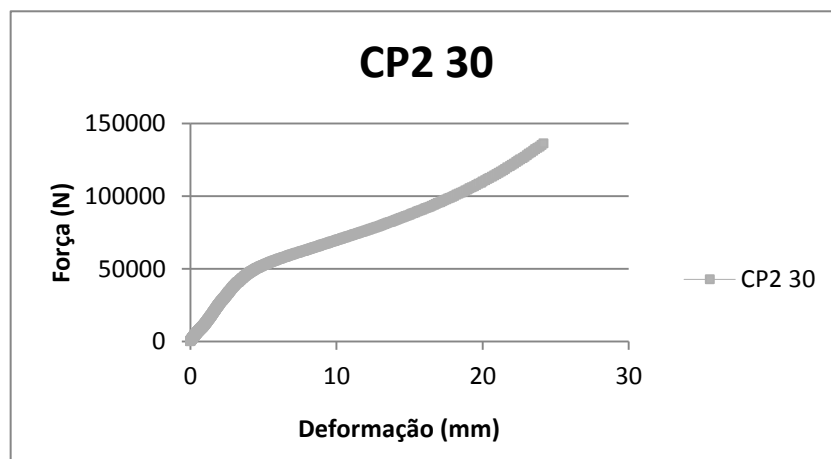
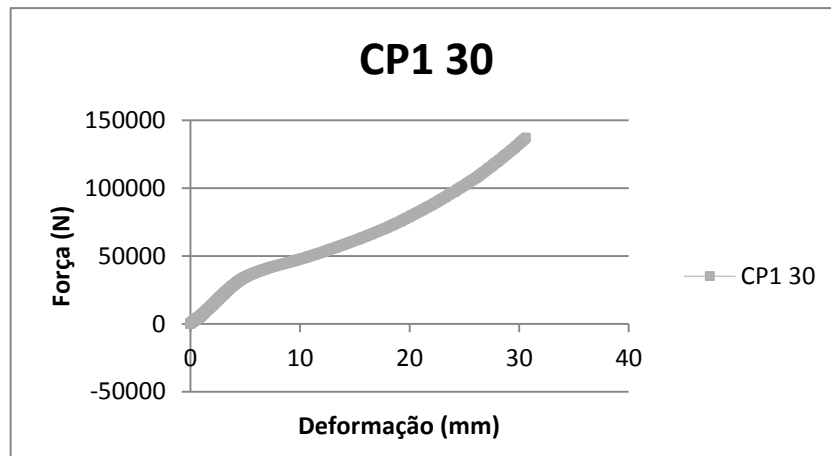


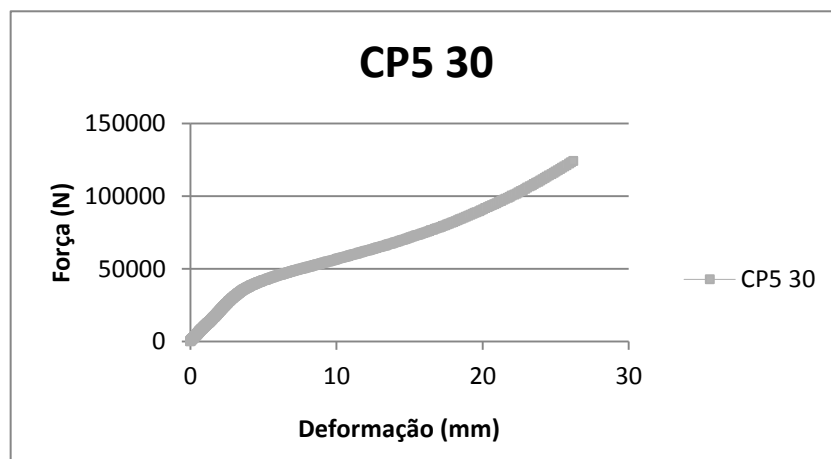
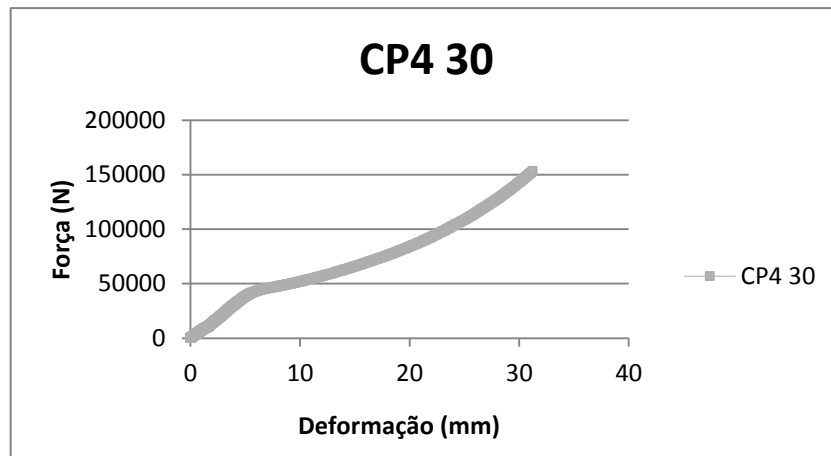
Tijolos de adobe com adição de 20% de bagaço de cana:



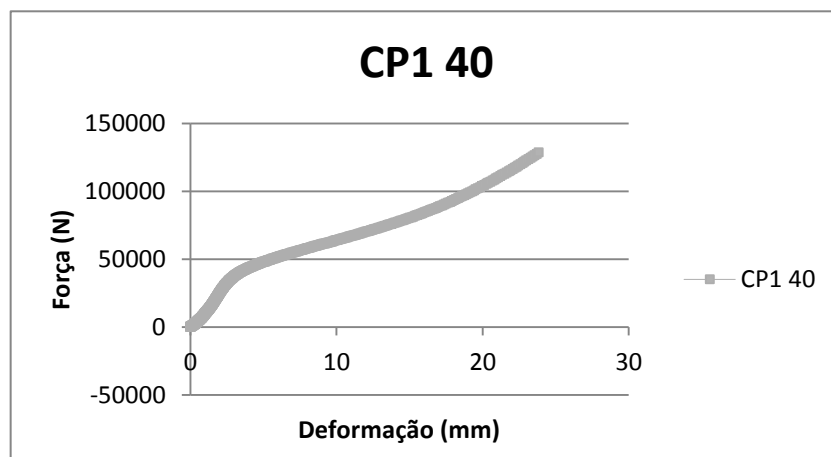


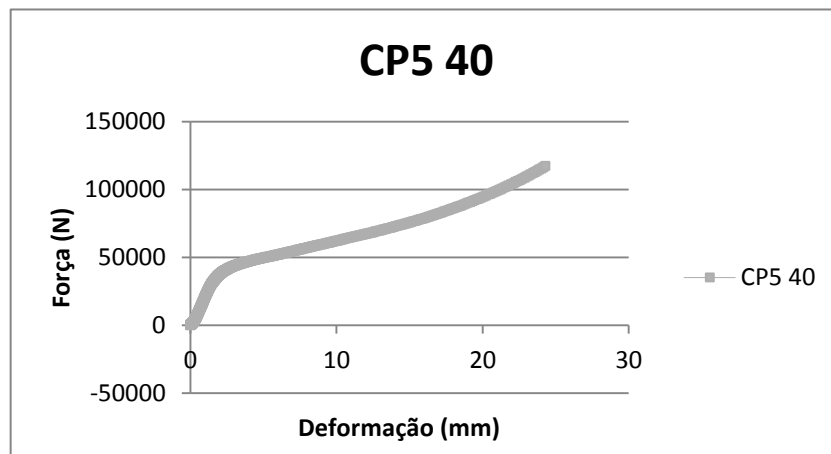
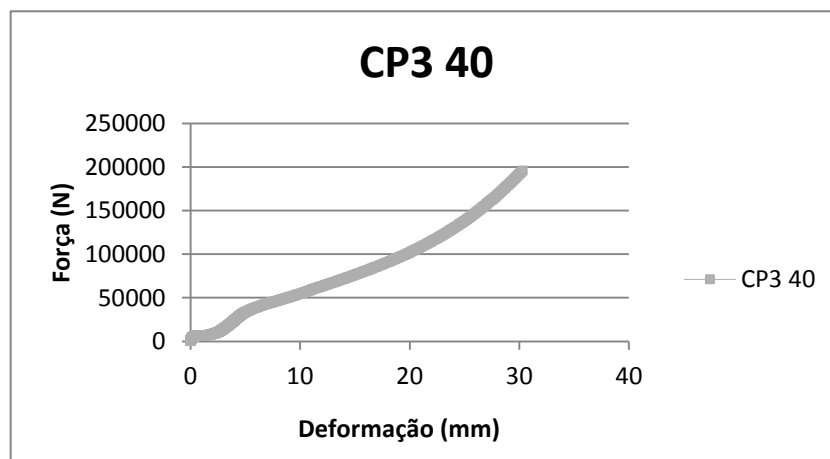
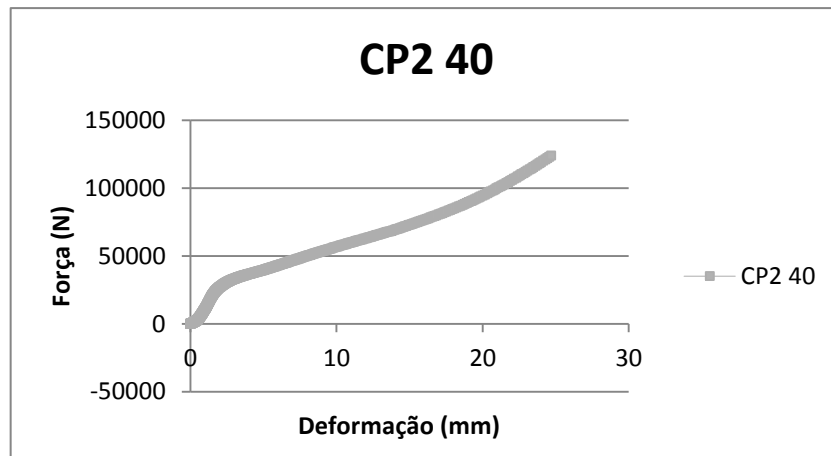
Tijolos de adobe com adição de 30% de bagaço de cana:

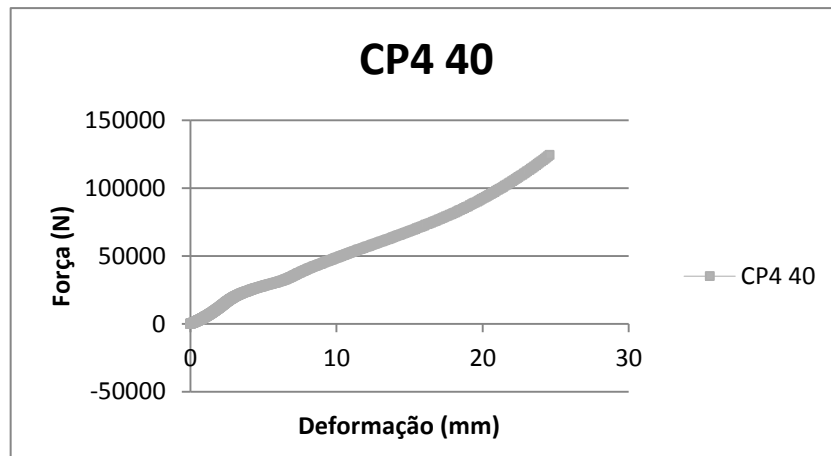




Tijolos de adobe com adição de 40% de bagaço de cana:







Tijolos de adobe com adição de 50 % de bagaço de cana:

