



**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA – UniCEUB  
FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS –  
FATECS**

**PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

**BRENNA DE MEDEIROS SANTANA PEDROSA  
THÁSSIO JOSUÉ BARROS XAVIER**

**BRICKERADOBE: PROPOSTA METODOLÓGICA PARA  
APLICAÇÃO EM ÁREAS RURAIS E INDÍGENAS**

**BRASÍLIA  
2017**



**BRENNA DE MEDEIROS SANTANA PEDROSA  
THÁSSIO JOSUÉ BARROS XAVIER**

**BRICKERADOBE: PROPOSTA METODOLÓGICA PARA APLICAÇÃO  
EM ÁREAS RURAIS E INDÍGENAS**

Relatório final de pesquisa de Iniciação Científica  
apresentado à Assessoria de Pós-Graduação e  
Pesquisa pela Faculdade de Tecnologias e Ciências  
Sociais Aplicadas– FATECS

Orientação: Renato Apolinário Francisco

**BRASÍLIA  
2017**

## **BRICKERADOBE: PROPOSTA METODOLÓGICA PARA APLICAÇÃO EM ÁREAS RURAIS E INDÍGENAS**

**Brenna de Medeiros Santana Pedrosa – UniCEUB, PIC voluntário**

*brennamdj@gmail.com*

**Thássio Josué Barros Xavier – UniCEUB, PIC voluntário**

*thassiox@gmail.com*

**Renato Apolinário Francisco – UniCEUB, professor orientador**

*renatoaf@msn.com*

**Jairo Furtado Nogueira - UniCEUB, professor colaborador**

*jairo.nogueira@uniceub.br*

Combinando técnicas milenares, preferência por materiais locais e baixo impacto ambiental, a bioconstrução é uma solução adotada em várias regiões do mundo, sendo principalmente usada em áreas rurais, remotas e com dificuldade de mobilização de materiais. Essa pesquisa tem por objetivo avaliar o comportamento mecânico de edificações concebidas a partir de técnicas de bioconstrução, em específico o Brickeradobe, técnica essa, que utiliza terra ensacada como modelo estrutural. A avaliação do sistema se deu através da análise do bloco, onde foram realizados os ensaios de compressão axial e absorção d'água preconizados pela NBR 15270-3 e pela análise global do sistema, onde foi avaliado o comportamento do bloco em si para fins de uso doméstico simulado através de ensaios previstos pela Norma Técnica Brasileira NBR 11.575-4, que determina os requisitos para Sistemas de Vedações Verticais Externas e Internas. Para construção dos blocos utilizou-se solo extraído da Chácara do Professor, sítio de grande referência em obras de bioconstrução, visando à garantia de um controle tecnológico e regularidade na fabricação dos blocos que, posteriormente, foram realizados ensaios e análises no solo em questão. A construção da parede experimental foi realizada em conformidade com a NBR 11675/16, que estabelece o método para verificação da resistência aos impactos das divisórias leves internas moduladas, sendo realizada em uma estrutura vertical em forma de quadro construída em estrutura metálica na qual foi possível avaliar o sistema perante os requisitos de impacto de corpo mole, corpo duro e permeabilidade.

**Palavras-Chave:** BrickerAdobe. Bioconstrução. Blocos de terra ensacada.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>6</b>
4.1	GERAL.....	6
4.2	PROCEDIMENTO DE CONSTRUÇÃO DO BRICKERADOBE.....	6
4.2.1	Aparelhagem.....	6
4.2.2	Procedimentos para construção do bloco .....	8
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>10</b>
5.1	BLOCOS INDUSTRIALIZADOS .....	10
5.1.1	BLOCO CERÂMICO .....	10
5.1.2	BLOCO DE CONCRETO.....	11
5.2	BLOCOS EM TERRA ENSACADA.....	13
5.2.1	Caracterização do solo .....	13
5.2.2	BLOCO DE SOLO NATURAL.....	14
5.2.2.1	Ensaio de compactação.....	14
5.2.2.2	Compressão Axial.....	15
5.2.2.3	Ensaio de absorção .....	15
5.2.3	BLOCO DE SOLO COM ADIÇÃO DE SISAL – BRICKERADOBE .....	15
5.2.3.1	Ensaio de Compactação.....	16

5.2.3.2	Compressão Axial.....	16
5.2.3.3	Ensaio de absorção .....	17
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>19</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>21</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A partir dos séculos XI e XII inovações técnicas no campo aumentaram significativamente a produção agrícola e fizeram surgir a necessidade de comercialização dos produtos excedentes, caminhando a passos largos para a primeira fase da Revolução Industrial que aconteceria no século XVIII, fruto do avanço e da necessidade de mão de obra qualificada que visava o lucro e a expansão das fronteiras capitalistas.

A Revolução Industrial desencadeou o aumento populacional em áreas urbanas, onde a maior parte das atividades econômicas ocorre e cresce nesse ambiente, gerando um consumo cada vez maior dos recursos naturais.

Uma das premissas do Capitalismo, segundo Magrini (2009) é a necessidade de uma disponibilidade indefinida de recursos para que o mercado continue a crescer. A economia de materiais nesse sistema segue um fluxo linear, passando pela extração, produção, distribuição, consumo e tratamento de lixo. Esse sistema é dito como um sistema em crise, onde não se pode basear um sistema linear vivendo em um planeta com recursos finitos.

De acordo com Soares (2008), a indústria de construção civil é dita como a maior responsável pelo consumo dos recursos naturais do planeta. O cimento e o ferro são os principais recursos utilizados, esses por sua vez, são limitados e geram uma montante degradação ao meio ambiente. São endereçados às construções cerca de 40% dos materiais e dos recursos gastos por ano no mundo.

Na busca de minimizar os impactos ambientais provocados pela construção civil a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), conjuntamente com outros ministérios, incluindo o Ministério do Meio Ambiente, formulam propostas com vista a minimizar os impactos ambientais com a implantação de uma construção sustentável, em que o setor da construção no Brasil esteja plenamente harmonizado com os conceitos de uso e reuso racional de recursos naturais, reciclagem, eficiência energética, redução das emissões de gases de efeito estufa e da geração de resíduos sólidos, tendo como objetivo central o desenvolvimento humano em toda sua plenitude.

O desenvolvimento deste trabalho, justifica-se de maneira ampla em solucionar o déficit habitacional decorrentes das áreas de difícil acesso, populações indígenas e rurais, onde torna-se inviável a construção de habitações convencionais constituídas de blocos cerâmicos, cimento etc., que segundo Santos (2015), para construções que haja restrições de recursos e necessidade de soluções rápidas, as construções em terra ensacada são tecnicamente viáveis, necessitando de ensaios que comprovem a sua utilização como solução estrutural.

## 2 OBJETIVOS

Folz et al (2010) explica, que os programas habitacionais difundidos atualmente para o meio rural são adaptados de programas voltados ao meio urbano, ignorando os usos, costumes e culturas locais. Dessa forma, especificidades regionais como o clima e o contexto sociocultural em que vivem são desconsideradas, e são utilizados os mesmos modelos de casas em todo o território brasileiro.

O Brickeradobe é um sistema construtivo de pouca divulgação, onde pouco se sabe sobre suas características (resistência, permeabilidade, durabilidade e etc), para tanto, essa pesquisa pretende avaliar o estudo e a técnica de construção voltadas para as regiões rurais, preservando a cultura e a técnica sustentável questionada anteriormente por Folz et al, ao utilizarem métodos convencionais para essas áreas.

Dessa maneira, este trabalho propõe dentro da área de bioconstrução, mecanismos de construções com técnicas milenares, envolvendo terra ensacada, tendo como auxílio às melhorias tecnológicas, utilizando os recursos naturais abundantes, solo e fibras naturais, como base para a pesquisa.



### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com Magrini (2009), em resposta ao sistema industrial e práticas agrícolas poluidoras, Bill Mollison, ex-professor universitário australiano na década de 1970, viajou pelo mundo conhecendo princípios éticos universais que nasceram no seio de sociedades indígenas que regem a lógica básica de cooperação e solidariedade. Após anos de pesquisas e observações fundamentadas no modo de vida das comunidades, Mollison fundou a Permacultura, um sistema humano completo e sustentável.

Um projeto em permacultura dá preferência aos materiais produzidos localmente e que causam pouco impacto tanto na sua fabricação quanto na sua implantação (MAGRINI, 2009).

Como a construção com terra crua, é um dos pilares que sustentam a permacultura, segundo Santos (2015), desde a década de 1980 o número de busca por alternativas sustentáveis, utilizando o solo como material de construção vem recebendo estímulos que provocam a realização de pesquisas e eventos com caráter de conscientização.

De acordo com Soares (2008, p. 11), a arquitetura de terra é uma das mais antigas técnicas de construção. Há mais de 10 mil anos o homem utiliza a terra crua (barro) para construir casas. Além disso, o solo como um todo é o material de construção mais abundante do planeta, onde essa arquitetura foi utilizada em todos os continentes e até hoje há cidades inteiras construídas por meio dela.

Com o passar do tempo e através das melhorias tecnológicas, a terra, antes amassada, passou a ser utilizada em sacos para melhorar a durabilidade e a compactação deste. Evitando dessa maneira, a exposição do solo a intempéries e a possíveis parasitas que se proliferavam através das fendas formadas pela má compactação do solo.

A construção com terra ensacada é uma técnica de construção em terra crua caracterizada pela execução de elementos feitos com sacos preenchidos com terra estabilizada ou não, formando-se elementos verticais como fundações, paredes portantes (estruturais), paredes de vedação, ou compondo coberturas em arco ou em cúpula (HUNTER E KIFFMEYER, 2004). As variações da técnica de

Construção com Terra Ensacada (CTE) são conhecidas pelos nomes informais "superadobe", "hiperadobe", "brickeradobe", "earthbag building". (HUNTER E KIFFMEYER, 2004, p.1) e "taipa ensacada" (PROMPT, 2012, p.126).

Para propor um modelo alternativo de construção, não basta apenas olhar com um olhar sustentável se econômico e normalizadamente esse método não for viável. Segundo Soares (2008), o custo da construção pode diminuir em 50%, dependendo dos materiais utilizados. Construções com terra diminuem a contaminação ambiental e economizam energia. Por ser natural, a terra não contamina o meio ambiente. Seu preparo dispensa o uso de forno, evitando queima da mata nativa, perda da biodiversidade e poluição.

São necessários para um sistema inovador, segundo o guia orientativo para atendimento à Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) da Câmara Brasileira da Indústria de Construção (CBIC apoio a NBR 15575/13, p. 70) ensaios que comprovem sua viabilidade.

Segundo Santos (2015), como referencial teórico para a construção de elementos com terra ensacada, para o preenchimento, é necessário um solo com até 30% de argila. Hunter e Kiffmeyer (2004) explicam que, para essa porcentagem de argila, seguindo o mesmo critério para a utilização como material ensacado, é necessário utilizar uma umidade de solo superior a 10%. Para a certificação desse referencial bibliográfico, será realizado o ensaio de caracterização do solo a ser trabalhado, sabendo que o solo é um material variegado e, portanto esses valores poderão sofrer alterações.

## 4 METODOLOGIA

Com o objetivo de se conhecer o solo a ser trabalhado e sabendo da variedade e da mudança do solo em um mesmo ponto, fez-se necessário realizar ensaios de caracterização física do solo.

### 4.1 GERAL

Para o ensaio de caracterização do solo foram necessários os ensaios de: Amostra de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização (NBR 6457: 1986); Solo – Determinação do teor de umidade – Métodos expeditos de ensaio (NBR 16097: 2012); Solo – Análise granulométrica (NBR 7181: 1984); Ensaio de Compactação (NBR 7182: 1986); Identificação e Descrição Expedita de Solos – Metodologia MCT (Miniatura Compactado e Tropical), criada por Nogami et al (1981); e Solo — Limites de consistência de Atterberg: Limites de Liquidez e Plasticidade (NBR 6459: 1984 e NBR 7180: 1984 respectivamente).

Com o objetivo de qualificar o desempenho técnico do Brickeradobe, devem-se seguir as especificações descritas na Norma Brasileira para Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas - SVVIE (NBR 15575 – 4/2013), que abordam o desempenho estrutural para a estrutura, dando enfoque para os ensaios de Resistência à compressão axial e Absorção de água pelos blocos, assim como, a Norma Brasileira para Divisórias Leves Interno Moduladas (NBR 11675/2016) que verifica a resistência aos impactos nas paredes, caracterizado pelos ensaios de Corpo Mole e Corpo Duro.

### 4.2 PROCEDIMENTO DE CONSTRUÇÃO DO BRICKERADOBE

#### 4.2.1 APARELHAGEM

Para construção dos blocos utilizou-se dos seguintes materiais:

- Peneira Nº 4 – 4,8 milímetros (mm);
- Sacola Raschel de 60 centímetros (cm);

- Duas formas para conformação dos blocos em MDF com dimensões de 25 (B) x 25 (H) x 15 (P) centímetros para o meio bloco e 50 (B) x 15 (H) x 15 (P) para o bloco inteiro;
- Duas Padiolas em forma cilíndrica;
- Dois pilões;
- Sisal;

Segue abaixo Figura 1 contendo um conjunto de pilão, forma e padiola.

Figura 1- Conjunto para construção do bloco meio bloco.



#### 4.2.2 PROCEDIMENTOS PARA CONSTRUÇÃO DO BLOCO

Para a construção dos blocos de Brickeradobe seguiu-se as seguintes etapas: Primeiramente, fez-se necessário retirar as frações grosseiras do solo utilizando a peneira de nº 4, como abertura de 4,75 milímetros; em seguida preparou-se o solo adicionado sisal e ajustando o teor de umidade com a proporção de solo para 0,5% de sisal e 32% de água (1:0,05:0,32); com o auxílio de padiola, introduziu-se o solo na sacola Raschel conforme Figura 2 abaixo.

Figura 2 – Solo sendo colocado na padiola.



Após o solo ser colocado na padiola e posteriormente acomodado na forma, foram aplicados vinte golpes no solo, de maneira a compactá-lo. Na Figura 3 a seguir podemos observar o processo de pilagem.

Figura 3 – Conformação dos blocos.



Decorridos os números de golpes, a forma é sacada e o bloco está finalizado. Na figura 4 abaixo podemos observar a retirada da forma.

Figura 4 – Retirada da forma.





## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 BLOCOS INDUSTRIALIZADOS

#### 5.1.1 BLOCO CERÂMICO

De acordo com Parsekian (2010), os blocos cerâmicos devem ter resistência mínima de 3,0 MPa, referida à área bruta, sendo recomendável a utilização de blocos mais resistentes (10,0 MPa), para o caso de alvenarias aparentes. O bloco estrutural cerâmico mais comum, encontrado no mercado atual, é o de 6,0 MPa, sendo poucos os fabricantes que conseguem produzir blocos de maior resistência. Abaixo segue Figura 5 contendo os valores de resistência dos blocos cerâmicos

Figura 5 – Resistência a Compressão ( $f_b$ ), NBR 15270-1 (ABNT/ 2005).

Posição dos furos	$f_b$ MPa
Para blocos usados com furos na horizontal	$\geq 1,5$
Para blocos usados com furos na vertical	$\geq 3,0$
NOTA Ver anexo C da ABNT NBR 15270-3:2005.	

Sendo assim, foram ensaiados 6 amostras de blocos cerâmicos de 19x19x9 centímetros para averiguar, se os mesmos estão dentro do padrão exigido por norma. Abaixo, está o Quadro 1, que mostra as amostras de blocos ensaiadas e suas respectivas resistências.

Quadro 1 – Resistência à compressão axial do Bloco Cerâmico.

Bloco	Força em kN	N	Área do Bloco (mm <sup>2</sup> )	Mpa
1	9,20	9200,00	17100	0,538
2	9,44	9440,00	17100	0,552
3	14,12	14120,00	17100	0,826
4	22,57	22570,00	17100	1,320
5	23,10	23100,00	17100	1,351
6	23,36	23360,00	17100	1,366

Com relação ao Índice de Absorção d'Água pelo bloco, a mesma norma, NBR 15.270 – 1: 2005 restringe a absorção em 22%. Logo, ensaiou-se 3 amostras de bloco cerâmico, e os resultados obtidos seguem no Quadro 2 abaixo.

Quadro 2 – Índice de Absorção d'Água pelo Bloco Cerâmico.

Bloco	Ms Massa seca (gf)	Mu Massa úmida (gf)	AA (%)
1	1918,30	2323,20	21,11%
2	1942,60	2348,40	20,89%
3	1900,30	2307,90	21,45%

### 5.1.2 BLOCO DE CONCRETO

Segundo a Norma Brasileira 6136 de 2016, Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) a resistência à compressão do material pode variar, dependendo da classe, abaixo se tem a Figura 6 que mostra as resistências para o bloco de 19x19x39 centímetros e o Índice de Absorção d'água.

Figura 6 – Resistência a Compressão e Índice de Absorção d'Água dos Blocos de Concreto, NBR 6136 (ABNT 2016).

Norma NBR 6136:2016 Versão Corrigida:2016 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos				
Itens		Especificações técnicas		
Classe do bloco		A	B	C <sup>(1)</sup>
Resistência característica à compressão f <sub>bk</sub> (MPa)		f <sub>bk</sub> ≥ 8,0	4,0 ≤ f <sub>bk</sub> < 8,0	f <sub>bk</sub> ≥ 3,0
Absorção de água (%)	Agregado normal	Individual	≤ 9,0	≤ 10,0
		Média	≤ 8,0	≤ 9,0
	Agregado leve	Individual	≤ 16,0	≤ 16,0
		Média	≤ 13,0	≤ 13,0
Retração (%)		≤ 0,065	≤ 0,065	≤ 0,065

Assim, para confirmação dos resultados designados por norma, realizou-se ensaios em 6 amostras de blocos para as resistências como mostra o Quadro 3



abaixo e 3 amostras para o Índice de Absorção d'Água como mostra o Quadro 4, abaixo.

Quadro 3 – Resistência a Compressão dos Blocos de Concreto.

Bloco	Força em kN	N	Área do Bloco (mm <sup>2</sup> )	Mpa
1	82,51	82510,00	74100	1,113
2	182,12	182120,00	74100	2,458
3	187,66	187660,00	74100	2,533
4	189,24	189240,00	74100	2,554
5	191,24	191240,00	74100	2,581
6	195,00	195000,00	74100	2,632

Quadro 4 – Índice de Absorção d'Água dos Blocos de Concreto.

Bloco	Ms Massa seca (gf)	Mu Massa úmida (gf)	AA (%)
1	13788,10	14894,70	8,03%
2	13641,74	14669,10	7,53%
3	13582,00	14687,80	8,14%

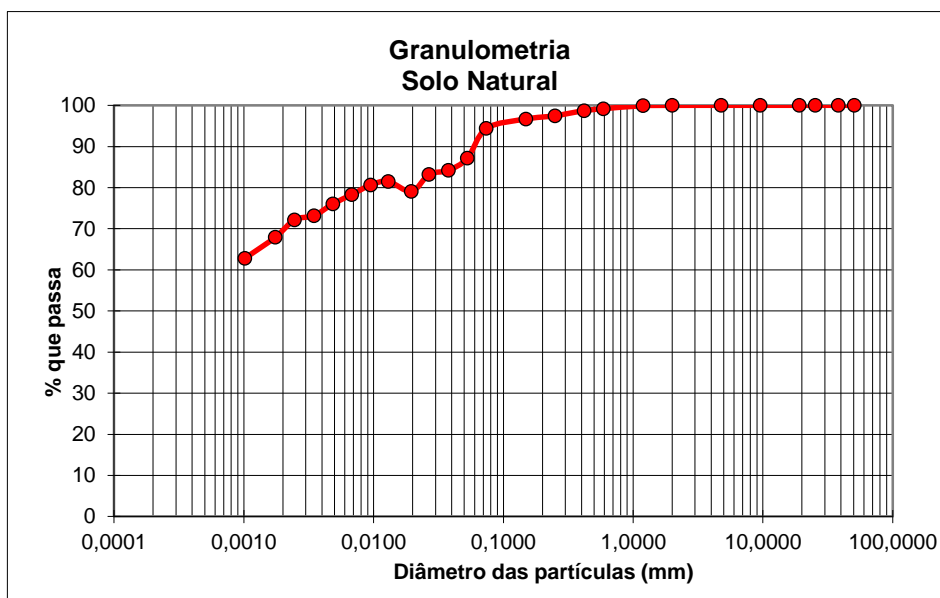
## 5.2 BLOCOS EM TERRA ENSACADA

### 5.2.1 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

Para a caracterização física do solo coletada, foram realizados os ensaios de Granulometria e Sedimentação, Limites de Liquidez e Plasticidade, e por fim, Metodologia MCT, abaixo está os resultados obtidos para estes ensaios.

Realizou-se o ensaio de granulometria, a amostra de solo foi ensaiada em estado natural, foi destorroada, para assegurar a separação dos grânulos de solo e para atestar o efeito real dos grãos, foi ensaiado com defloculante e posteriormente realizado o ensaio de sedimentação, atestando uma porcentagem de 89% de material fino, como mostra o Quadro 5, abaixo.

Quadro 5 – Granulometria do solo natural com defloculante.



Para a determinação dos Limites de Atterberg foram realizados, a fim de determinar os Limites de Liquidez e Plasticidade do solo estudado. Sendo assim, foram obtidos os resultados:

- Limite de Liquidez (LL): 52%;
- Limite de Plasticidade (LP): 32 %;
- Índice de Plasticidade (IP): 20%.

Para a Metodologia MCT (Miniatura Compactado e Tropical) segundo um padrão estudado e estabelecido pelos autores para solos lateríticos como é, em geral, o solo brasileiro, foram obtidos os resultados, caracterizando o solo como Laterítico Arenoso – Argiloso (LA' – LG'), como mostrado no Quadro 6.

Quadro 6 – Classificação MCT da amostra de solo.

JAZIDA	CONTRAÇÃO (mm)	PENETRAÇÃO (mm)	MCT
T1	1,26	1,6	LA' - LG' (Lat. Arenoso – Argiloso)

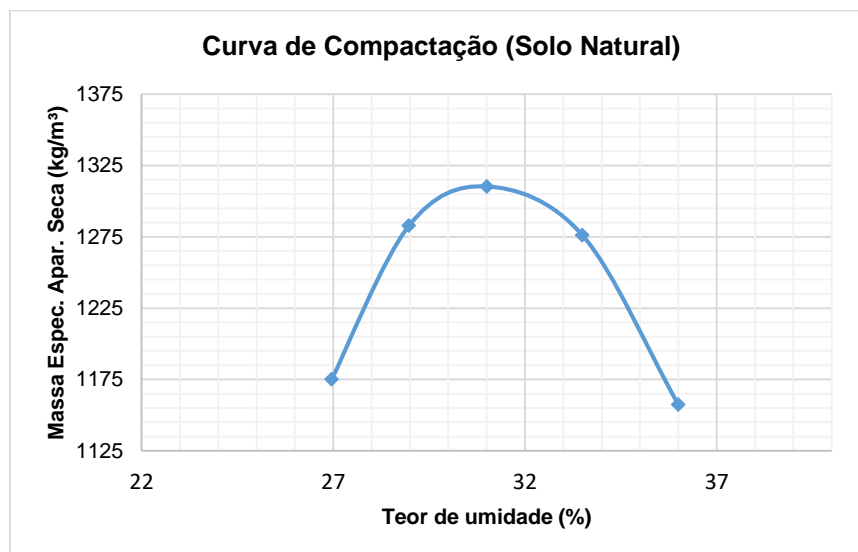
No entanto, para a caracterização geotécnica, foram realizados os ensaios de compactação para se obter a massa específica e a umidade do solo, resistência a compressão axial e o índice de absorção d'água tanto em corpos de prova contendo solo natural quanto corpos de prova com adição de sisal. Seus resultados serão abordados abaixo.

## 5.2.2 BLOCO DE SOLO NATURAL

### 5.2.2.1 ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

Utilizando a amostra virgem do material, realizou-se o ensaio de compactação, com a energia de Proctor Normal, e a partir da curva obtida, foi possível obter a Massa específica seca e a Umidade ótima, como mostra o Quadro 7 abaixo.

Quadro 7 – Curva de Compactação da amostra de solo natural.



- Massa Específica Seca: 1.320 kg/m<sup>3</sup>; e
- Umidade ótima do solo: 31%.

### 5.2.2.2 COMPRESSÃO AXIAL

A resistência à compressão axial, ou simples, foi determinada em corpos-de-prova de 10,0 (D) x 12,5 (A) centímetros. Na confecção dos CP's (corpos-de-prova), buscou-se reproduzir as condições anteriores de máxima massa específica seca e umidade ótima obtida no ensaio de compactação. Foram realizados os rompimentos dos CP's de solo natural aos 4 e 7 dias de cura, sendo que o melhor resultado para a cura de 4 dias foi com uma umidade de 34% - 1,19 MPa e para os 7 dias de cura, uma umidade de 32% - 1,11 Mpa como mostra o Quadro 8.

Quadro 8 – Resistência à compressão axial com 4 e 7 dias para o bloco de solo natural e seus respectivos teores de umidade.

Teor de umidade (W%)	Resistência - 4 dias (Mpa)	Resistência - 7 Dias (Mpa)
24%	0,00	0,00
26%	0,21	0,25
28%	0,26	0,25
30%	0,63	0,61
32%	0,63	1,11
34%	1,19	0,92
36%	1,07	0,74

### 5.2.2.3 ENSAIO DE ABSORÇÃO

Para o ensaio de absorção do bloco, foi confeccionado um corpo-de-prova tal qual o molde cilíndrico obtido no ensaio de compactação e posteriormente se ensaiou o bloco obtendo o Índice de Absorção d'água (AA).

- Índice de Absorção d'água (AA): 34%.

### 5.2.3 BLOCO DE SOLO COM ADIÇÃO DE SISAL – BRICKERADOBE

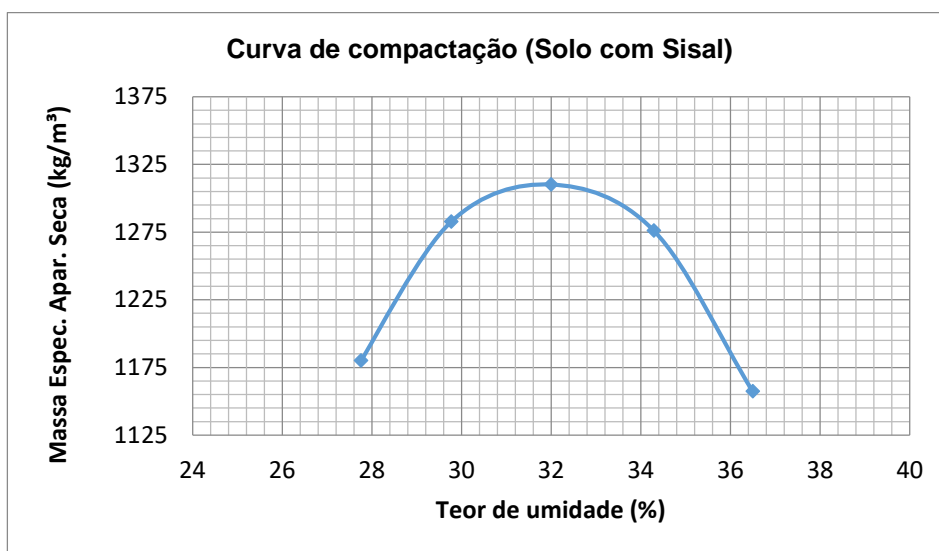
Conforme a caracterização do solo para a amostra de solo natural tomou-se o mesmo solo adicionando-se 0,5% sisal para a estabilização do mesmo, de maneira a estimar-se que a resistência do bloco de Brickeradobe aumente cientes que a

estabilização de um solo com fibras tem por finalidade melhorar suas características mecânicas.

### 5.2.3.1 ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

Utilizando a amostra virgem do material, e adicionando-se o sisal, realizou-se o ensaio de compactação, com a energia de Proctor Normal, e a partir da curva obtida, foi possível obter a Massa específica seca e a Umidade ótima, do material estabilizado como mostra o Quadro 9.

Quadro 9 – Curva de Compactação da amostra de solo natural.



- Massa Específica Seca: 1.310 kg/m<sup>3</sup>; e
- Umidade ótima do solo: 32%.

### 5.2.3.2 COMPRESSÃO AXIAL

A resistência à compressão axial, ou simples, foi determinada em corpos-de-prova de 10,0 (D) x 12,5 (A) centímetros. Na confecção dos CP's (corpos-de-prova), buscou-se reproduzir as condições anteriores de máxima massa específica seca e umidade ótima obtida no ensaio de compactação. Foram realizados os rompimentos dos CP's de solo com adição de sisal aos 4 e 7 dias de cura, sendo que o melhor resultado para a cura de 4 dias foi com uma umidade de 32% - 1,97 MPa e para os 7 dias de cura, uma umidade de 32% - 1,30 Mpa como mostra o Quadro 10.

Quadro 10 – Resistência à compressão axial com 4 e 7 dias para o Brickeradobe e seus respectivos teores de umidade.

Teor de umidade (W%)	Resistência - 4 dias (Mpa)	Resistência - 7 Dias (Mpa)
24%	0,00	0,00
26%	0,25	0,31
28%	0,34	0,40
30%	0,70	0,70
32%	1,97	1,30
34%	1,74	0,98
36%	1,36	0,75

### 5.2.3.3 ENSAIO DE ABSORÇÃO

Para o ensaio de absorção do bloco, foi confeccionado um corpo-de-prova tal qual o molde cilíndrico obtido no ensaio de compactação e posteriormente se ensaiou o bloco obtendo o Índice de Absorção d'água (AA).

- Índice de Absorção d'água (AA): 35%.

Com base na metodologia referida acima e a partir dos resultados obtidos para os ensaios de caracterização da amostra natural do solo verificou-se que este, trata-se de um material fino, cerca de 90% de sua constituição, agregando alto valor quando compactado de maneira apropriada. Assim sendo, obteve-se sua melhor resistência aos 4 e 7 dias com uma umidade de 32% de 1,97 MPa e 1,30 MPa respectivamente.

Para os valores obtidos de resistência à compressão do Brickeradobe, baseado no traço elaborado para o trabalho, proporção de solo para 0,5% de sisal e 32% de água (1:0,05:0,32), os blocos não atingiram a resistência mínima de 3,0 MPa designado pela Norma Brasileira 15.270 – 1 (ABNT, 2005). Além disso, é possível perceber um padrão, através do Quadro 10, retratado pela resistência e umidade que após os primeiros dias de cura os blocos tendem a perder resistência por intermédio do seu processo construtivo, pelo fato do bloco não sofrer um processo de queima, ele tende a perder facilmente água para o meio.

Outra característica observada refere-se à absorção d'água contida na Norma Brasileira 15.270 – 1 (ABNT, 2005), onde o Índice de Absorção d'Água (AA) para blocos convencionais cerâmicos e de concreto é limitado a no máximo 22% e 16%, respectivamente, o Brickeradobe, no entanto, apresentou uma absorção de 35%, fruto de um processo natural do solo, em absorver água.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o objetivo de facilitar a implantação de políticas públicas em áreas longínquas e objetivando melhorar a logística de construção, traz-se a tona os conceitos de bioconstrução como um produto das construções com baixo custo e impacto ambiental, que se utiliza de materiais locais e recursos naturais em abundância, proporcionando um cuidado do homem com o meio em que está inserido.

Destarte, deve-se gerar a percepção de uma engenharia que tenha valor social e ao mesmo tempo em que enalteça os valores básicos, gerando conhecimento e alcançando pessoas em patamares diferentes no contexto social e sustentável. Dessa maneira, a engenharia deixa de lado o fator reprodução e põe em prática a engenharia de inovação, proporcionando novas iniciativas e gerando uma conscientização populacional.

Mesmo o solo sendo um material abundante e disponível para sua utilização, se faz necessária à correção do mesmo, para torná-lo um material para fins construtivos, assim, é indispensável o melhoramento do solo para garantir resistências viáveis para a utilização deles como blocos estruturais normatizados e com controle tecnológico.

Tecnicamente o método para a construção dos blocos propostos por este trabalho se apresentaram com uma dificuldade de produção não prevista, visto que a quantidade de solo a ser utilizado para composição de apenas um bloco com dimensões 50(C)x15(L)x9(A) em centímetros equivale a 9,70 decímetros cúbicos ( $\text{dm}^3$ ), um valor razoavelmente alto, tendo como base para a construção da parede a ser ensaiada valores com dimensões de 240(C)x9(L)x210(A) que totaliza um volume de solo de aproximadamente 1,0 tonelada.

De qualquer forma, não estava previsto a construção de uma parede com tais dimensões como especifica a NBR 11.675 (ABNT, 2016). A proposta inicial quando submetida à avaliação visava à construção de um protótipo com dimensões inferiores a atual em um quarto (1/4), inviabilizando a construção da parede e a realização dos ensaios de corpo mole e duro pelo alto volume de solo não antevisto, o que acarretou na não atestação da resistência aos impactos pela parede.



A assimetria e a variação de gramatura dos blocos de Brickeradobe foram fatores que condicionaram a incerteza quanto à utilização do método, visto que a Norma Brasileira 15.270 – 1 (ABNT, 2005) traz com grande rigor dimensões e pesos que padronizam os blocos comercializados.

Tendo como referência os resultados obtidos, tornou-se inviável a utilização do Brickeradobe como um método alternativo aos blocos estruturais convencionais, visto que sua resistência à compressão, bem como o seu índice de absorção d'água não está de acordo com a Norma Brasileira 15.270 – 1 (ABNT, 2005). Mas é evidente que o sistema construtivo, baseado nas referências bibliográficas, funcionou e tem funcionado até os dias de hoje.

Mesmo sem a atestação da resistência proveniente dos impactos absorvidos pela parede, NBR 11.675 (ABNT, 2016), a utilização do método se torna ineficaz, como antes mencionado. Supondo que a parede fosse aceita, ainda sim, o método não seria indicado, sabido que uma norma não anula outra, a saber, NBR 15.270 – 1 (ABNT, 2005), porquanto o bloco analisado não atingiu o desempenho exigido.

Sabe-se que um sistema construtivo deve apresentar um desempenho que atenda todos os requisitos globais abordados, pelas diversas normas que regem um determinado tema, bem como a implantação e conseqüentemente a viabilidade do processo construtivo. O brickeradobe apresenta uma ineficiência como blocos ligantes, por não apresentar juntas de ligação, argamassa, e pela utilização da sacola Raschell, a adesão entre as camadas de bloco é reduzida por existir uma película plástica entre as camadas de solo.

Como outras fontes de pesquisas, recomendamos a análise de outros traços que viabilizem a utilização do método, aumentando o desempenho dos blocos e métodos que garantam uma mesma energia à conformação do bloco, visto que a maneira pelo método empregada não garante uma uniformidade ao realizar o processo de pilar o bloco.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Amostras de solo**: preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. NBR 6457. Rio de Janeiro: ago,1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Blocos vazados de concreto de concreto simples para alvenarias**: requisitos. NBR 6136. Rio de Janeiro: nov,2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Componentes cerâmicos**: blocos cerâmicos para alvenaria de vedação, terminologia e requisitos. NBR 15270, parte 1. Rio de Janeiro: 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Divisórias leves internas moduladas**: verificação da resistência aos impactos. NBR 11675. Rio de Janeiro: ago, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Edificações habitacionais**: desempenho. NBR 15575, parte 1. Rio de Janeiro: set, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Edificações habitacionais**: desempenho. NBR 15575, parte 2. Rio de Janeiro: set, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Edificações habitacionais**: desempenho. NBR 15575, parte 4. Rio de Janeiro: set, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Solo**: análise granulométrica. NBR 7181. Rio de Janeiro: dez, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Solo**: determinação do limite de liquidez. NBR 6459. Rio de Janeiro: out, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Solo**: determinação do limite de plasticidade. NBR 7180. Rio de Janeiro: out, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Solo**: determinação do teor de umidade – métodos expeditos de ensaio. NBR 16097. Rio de Janeiro: ago,2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Solo**: ensaio de compactação. NBR 7182. Rio de Janeiro: ago, 1986.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Desempenho de edificações habitacionais**: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013. Fortaleza – CE: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013. 308p. Disponível em: <[http://www.cbic.org.br/arquivos/guia\\_livro/Guia\\_CBIC\\_Norma\\_Desempenho\\_2\\_edicao.pdf](http://www.cbic.org.br/arquivos/guia_livro/Guia_CBIC_Norma_Desempenho_2_edicao.pdf)>. Acesso em: 3 maio 2016.

FOLZ, R. R.; MAIA, R. T. e INO, A. **Análise do programa de financiamento habitacional que possibilitou a utilização de técnicas construtivas não convencionais no Assentamento Rural Sepé Tiaraju**. Serra Azul – SP. In: Congresso Internacional de Sustentabilidade e Habitação de Interesse Social. Anais. Porto Alegre, 2010.

HUNTER, K.; KIFFMEYER, D. **Earthbag building**: the tools, tricks and techniques. Gabriola Island, Canadá: New Society Publishers: 257p. 2004. Disponível em: <<http://www.rivendellvillage.org/Earthbag-Building-The-Tools-Tricks-and-Techniques.pdf>>. Acesso em: 4 maio 2016.

MAGRINI, R. V. **Permacultura e soluções sustentáveis**. 2009. 112p. Projeto Final de Graduação (Geografia). Universidade Federal de Uberlândia – MG, 2009.

PARSEKIAN, G. A; e SOARES, M. M. **A alvenaria estrutural em blocos cerâmicos**: projeto, execução e controle. 1ª Edição. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010. Capítulo 1, p. 23-48; Capítulo 2, p. 57-83.

PROMPT, C. H. **Arquitetura de terra em unidades agrícolas familiares**: estudo de caso no oeste catarinense. 2012. 176p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina – SC, 2012.

SANTOS, C. A. D. **Construção com terra no Brasil**: panorama, normatização e prototipagem com terra ensacada. 2015. 290p. Dissertação

(Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina – SC, 2015.

SOARES, A. **Soluções sustentáveis**: construção natural. Pirenópolis - GO: Editora Mais Calango, 2008.