



Arquitetura e Sustentabilidade: O uso de óleo de cozinha usado na produção de adobes

Architecture and Sustainability: The use of cooking oil used in adobe production

“Arquitectura y sostenibilidad: el uso del aceite de cocina utilizado en la producción de adobe”

Bruno Humberto da Silva

Discente, FAAC, UNESP, Brasil.
Bruno.geunesp@hotmail.com

Maximiliano dos Anjos Azambuja

Professor Doutor, UNESP, Brasil.
m.azambuja@unesp.br

Rosane Aparecida Gomes Battistelle

Professora Doutora, UNESP, Brasil.
rosane.battistelle@unesp.br



RESUMO

A degradação ambiental e as migrações humanas para os centros urbanos são o atual desafio da contemporaneidade, enquanto a produção das cidades contemporâneas tem contribuído para a segregação socio territorial de determinados grupos humanos, a construção civil tem respondido por 70% do processo de produção de resíduos no logística produtiva de materiais. O uso de materiais alternativos nas edificações se tornou parte vital de pesquisas dentro da universidade e na sociedade atuais. O surgimento da bioconstrução e o resgate de técnicas milenares como o adobe fomentam o processo da contracultura e tornam-se caminho sólido para a sustentabilidade na indústria da construção civil, abrangendo o desenvolvimento sustentável em seu conceito completo. O adobe como elemento construtivo tradicional na Península Ibérica e no Magrebe, ressurge no Brasil como uma nova proposta construtiva: o uso de solo misto (Latosolo e Nitossolo) e a incorporação de biopolímeros como o Óleo de Cozinha Usado (OCU) buscam aumentar a sua durabilidade. A presença de Óleo de Cozinha Usado (OCU) e a mistura dos solos nos adobes, permitiram que este material reduzisse o processo de retração nos traços 1:4 e melhorasse a resistência à absorção da água no percentual de 4% , entretanto a queda na resistência à compressão ainda são o desafio a ultrapassar neste trabalho.

Palavras chave: Ambiente construído, desenvolvimento sustentável, adobe, solo misto, óleo de cozinha usado.

ABSTRACT

The environmental degradation and human migrations to the cities are the current challenge of contemporaneity, while the production of contemporary cities has contributed to the socio-territorial segregation of certain human groups. The Civil construction has accounted for 70% of the waste production process on the productive logistics of materials. The use of alternative materials in buildings has become a vital part of research within today on university and society. The emergence of bioconstruction and the rescue of ancient techniques such as adobe foster the counterculture process and become a solid path to sustainability in the construction industry, encompassing sustainable development in its full concept. Adobe as a traditional building element in the Iberian Peninsula and the Maghreb, has emerged in Brazil as a new constructive proposal: the use of mixed soil (Latosol and Nitosol) and the incorporation of biopolymers such as Used Cooking Oil (OCU) seek to increase its use. durability contributing to this material obtaining greater durability. The presence of Used Cooking Oil (OCU) and the mixing of the soils in the adobe allowed this material to reduce the shrinkage process in the 1: 4 traits and to improve the water absorption resistance by 4%. Compressive strength is still the challenge to overcome in this work.

Keywords: Built environment, sustainable development, adobe, mixed soil, used cooking oil.

RESUMÉN

La degradación ambiental y las migraciones humanas a los centros urbanos son el desafío actual de los tiempos contemporáneos, mientras que la producción de ciudades contemporáneas ha contribuido a la segregación socio-territorial de ciertos grupos humanos, y la construcción ha representado el 70% del proceso de producción de residuos. en la logística productiva de materiales. El uso de materiales alternativos en edificios se ha convertido en una parte vital de la investigación dentro de la universidad y la sociedad de hoy. El surgimiento de la bioconstrucción y el rescate de técnicas antiguas como el adobe fomentan el proceso de contracultura y se convierten en un camino sólido hacia la sostenibilidad en la industria de la construcción, que abarca el desarrollo sostenible en su concepto completo. Adobe, como elemento tradicional de construcción en la Península Ibérica y el Magreb, ha surgido en Brasil como una nueva propuesta constructiva: el uso de suelo mixto (Latosol y Nitosol) y la incorporación de biopolímeros como el Aceite de Cocina Usado (OCU) buscan aumentar su uso. durabilidad que contribuye a que este material obtenga mayor durabilidad. La presencia de aceite de cocina usado (OCU) y la mezcla de los suelos en el adobe permitieron a este material reducir el proceso de contracción en los rasgos 1: 4 y mejorar la resistencia a la absorción de agua en un 4%. La resistencia a la compresión sigue siendo el desafío a superar en este trabajo.

Palabras clave: Entorno construido, desarrollo sostenible, adobe, suelo mixto, aceite de cocina usado.



1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil foi um dos principais setores a crescer durante a primeira década de 2000 no Brasil, ao mesmo tempo que aderiu ao desenvolvimento de novas tecnologias, buscando soluções no processo projetual e canteiro de obras, o setor também promoveu um aumento significativo na produção de resíduos e consumo de energia, degradando o ambiente (ROTH; GARCIA, 2009). Além disso o setor construtivo tem desde a década de 70, estruturado o processo de formação e crescimento das cidades brasileiras juntamente com os especuladores imobiliários, donos de terra e outros agentes, essa lógica direcionou o espaço urbano brasileiro para a negação da vida urbana, excluindo a população mais pobre, enquanto o capital local-global rompeu com as escalas tradicionais, articulando setores financeiros em nome da modernização conservadora (MARICATO, 2011).

A produção de cidades mais sustentáveis são discutidas tanto na sociedade quanto no meio acadêmico (GHEL, 2001), levando a necessidade de considerar alternativas para o desenvolvimento de uma vida mais sustentável, Boff (2017) acredita que a sustentabilidade surge como uma nova proposta de cultura, em que os processos humanos se desenvolvam concomitante as condições de manutenção dos recursos naturais e assim permitem o ciclo da vida e a integridade do planeta.

O desenvolvimento de sistemas urbanos ecológicos tem sido cada vez mais presente nas pesquisas acadêmicas, dentre as quais se destaca projetos sustentáveis (GRÜMBERG *et al.*, 2014), como a arquitetura com terra, que resgata técnicas milenares como o adobe que incorporam o uso de biopolímeros garantindo a qualidade e durabilidade do material.

Minke (2001), registra as construções com terra anteriores à 9000 anos, as edificações feitas como solo local formaram algumas cidades humanas como Bam e Shibam. Atualmente a arquitetura com terra, tem sido considerada, uma solução alternativa para a produção de habitações, e como meta para o desenvolvimento sustentável na construção civil.

Para a produção do adobe Farias (2008), determina que o solo deve ter condições adequadas, entretanto o solo e sua estrutura se diferencia conforme a origem geológica e a ação dos agentes do intemperismo (POPP, 2002), sendo assim necessário a determinação de alguns índices físicos do solo, como granulometria, teor de humidade, massa aparente do solo seco, limite de liquidez, dentre outros, visto que o adobe deve ser composto de aproximadamente 20% ou mais de Argila e 70% ou mais de areia, e pequena fração de silte (MINKE, 2002).

A regulação do solo para desenvolver o adobe deste trabalho foi a adição de dois diferentes tipos de solo: Latossolo Vermelho Amarelo com alto percentual de areia tornando-o colapsível, além do Nitossolo Vermelho Eutroférrico, originário de rocha basáltica e com mais de 70%



argila laterítica em sua composição, esse solo sofre alta retração. (LEPSCH,2002), para isso desenvolveram dois traços de composição granulométrica: 2:3 – com 60% de Latossolo e 40% de Nitossolo, e outro 1:4 – com 75% de Latossolo e 25% de Nitossolo, com menor retração, o traço 1:4 foi analisado para analisar o teste de compressão e absorção da água, conforme Farias (NEVES, *et. al*, 2009).

O uso de biopolímeros na produção de adobes, refere-se a necessidade de impermeabilizar os tijolo, como os adobes possuem quantidade significativa de areia e argila, sua porosidade é considerável e são penetráveis pelas moléculas de água (EIRES,et.al, 2012), o uso de biopolímeros como o óleo vegetal funciona como hidrofugantes impedindo que água penetre no interior do adobe aumentando a durabilidade do material, a incorporação do óleo de cozinha usado, permite introduzir mais uma solução na logística reversa deste produto nocivo a saúde do meio ambiente.

Os percentuais incorporados promoveram a estabilização do adobe impedindo com que os tijolos se dissolvessem ao serem submergidos em água por 48 horas, esse processo define uma nova meta para a produção sustentável na construção civil, indicando perspectivas promissoras para esse recém resgatado material construtivo.

1.1 Construção civil: Degradação ambiental versus sustentabilidade, há uma solução

A construção civil representa 70% dos resíduos gerados nas cidades brasileiras, além do alto consumo de energia (CARDOSO; ARAUJO, 2014), o setor construtivo ainda é responsável por parte dos problemas ambientais causados pela mineração para produção de cimentos, concretos, etc.

A criação do projeto, a implantação do canteiro de obras e a incorporação de revestimentos e finalização da construção, tem se tornando um dos grandes responsáveis pela poluição e degradação dos ecossistemas (ROTH; GARCIA,2003), destacando a cadeia produtiva do concreto armado que, corresponde à uma enorme quantia de gases de efeito estufa (MAURAY; BLUMENSCHIN, 2012), pois necessita da queima de combustíveis fósseis como o carvão mineral, para transformar o clínquer em cimento comercial.

A possibilidade de contaminação do solo e da água com metais pesados e outros subprodutos, são problemáticas que também preocupam a cadeia produtiva do concreto armado, visto que com uma ausência de gestão e planejamento ambiental, a extração da matéria prima, pode agravar ainda mais o processo produtivo do setor mineralógico, tornando a cadeia da construção civil tradicionalmente poluidora, destaca Milanez e Losekann(2016).

Com a intensa exploração dos recursos naturais e a problemática mediando a geração de resíduos, poluição dos ecossistemas e a insalubridade das cidades, tomaram-se espaço dentro das relações atuais uma perspectiva sobre a sustentabilidade, sendo esta uma nova proposta de cultura em que os processos humanos possam se desenvolver e manter ao mesmo tempo o ciclo interminável de recursos e a integridade do planeta (BOFF, 2017), preservando os ecossistemas e fomentando a potencialidade para uma civilização autoconsciente, onde as ações se interpõe entre a exploração dos recursos e a manutenção da vida, e que orientadas



devem ser pensadas em conjunto com o reuso de matéria e o desenvolvimento social.

Nesta disputa entendemos que as mudanças no clima, a crise energética, o aumento populacional e a cultura consumista da pós modernidade, tornaram o modo de vida vigente insustentável. Os movimentos de contracultura, revelam a preocupação sobre a situação do planeta, em que o sistema atual afeta a dinâmica natural, mas recriam um ciclo de miséria e fome, onde a riqueza produz a miséria (BECKER, *et. al.* ;1999. P. 15).

Os fenômenos que são presenciados no cotidiano, reverberam na busca de novos processos para manutenção da vida, querendo uma resposta urgente á este problema (CARVALHO; LOPES,2012). A construção civil tem uma atenção especial sobre as perspectivas do desenvolvimento sustentável, realizando pesquisas em 3 eixos principais: diminuição de resíduos, consumo de energia e materiais alternativos. O impacto da degradação ambiental, o crescimento desordenado das cidades, refletiram solidamente na qualidade de vida das pessoas, sendo necessário repensar o desenvolvimento do espaço urbano, criando cidades para pessoas, melhorando a mobilidade urbana, e o incentivo e uso do espaço público para parte integral da vida urbana (GHEL, 2013), além do surgimentos dos eco bairros. O setor construtivo passou a considerar essas possibilidades, fomentando métodos construtivos e certificações e selo para promoção da sustentabilidade como o *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), nos projetos construtivosdestaca (GRÜMBERG *et. al.*,2014).

1.2- Arquitetura com Terra: o Uso do Adobe

Para Neves *et. al.* (2009), a construção com terra, como tradição milenar foi difundida e absorvida durante séculos e interpretadas de diversas maneiras, e atualmente foi resgatado como solução alternativa. o uso de terra foi resgatado como solução alternativa para os problemas a adaptação do ser humano ao meio ambiente,Faria (2008), a construção com terra tem se tornado significativo, e o aumento do numero de pessoas morando em edificações feitas com adobe, bloco de terra comprida, taipa de pilão, etc. são otimista e representam uma demanda positiva para este tipo de arquitetura, visto que a arquitetura com terra sendo reutilizável, também é barata e acessível, sendo o solo um material abundante na natureza, com baixa ou nula toxicidade, baixo gasto de energia, boa regulação térmica e alta durabilidade, visto que existem edificações com terra com mais de 9000 anos (PISANI, 2004).

Como alternativa ao processo construtivo, os adobes são produzidos artesanalmente com barro em moldes, a composição geralmente leva solo, fibras, e água, sendo colocados para secagem à sombra por 15 dias (MINKE, 2001), o investimento em conhecimento e tecnologia na produção de adobe, é umas das alternativas para a produção de materiais limpos e sustentáveis, a mistura de solos diferentes para melhorar e estabilizar os tijolos, são pesquisas recentes (BATTISTELLE, 2019).

O Uso de diferentes solos permite corrigir as deficiências mineralógicas de cada solo, o Latossolo Vermelho Amarelo é um solo com granulometria predominantemente de areia fina



com atividade coloidal de argila não ativa, com horizontes definidos (SANTOS *et. al.*, 2018), enquanto o Nitossolo Vermelho Eutroférico possui estrutura granulométrica composta por altos teores de argila, e óxido de ferro, característico de solos de origem basáltica. Desta maneira a composição pedológica adequada necessita de um percentual de areia dentre 65 – 70% e de argila com 20% ou mais, Minke (2001).

1.2- Estabilização com biopolímeros: Óleo de Cozinha Usado

Na construção com terra pode haver a adição de diversos materiais e produtos de origem natural ou químicos, para que estes tornem-se adequados para o uso na construção civil, Eires (2012) considera que a estabilização dos solos podem ser feitas com a incorporação de biopolímeros, respeitando a granulometria do solos utilizados, Neves *et. al.* (2009) demonstra que a diversos tipos de estabilizantes podem ser adicionados na massa para produção de adobe: fibras, óleos, resíduos, casca de sementes, cal, produtos químicos, hidróxido de sódio, alumínio, cloretos, boratos, açúcares, celulose, palhas e cimento para tijolos de solocimento, pois funcionam como impermeabilizantes como os biopolímeros ou auxiliam na resistência e estabilização como as telas de “galinheiro”.

Para a impermeabilização dos adobes, o uso de biopolímeros como óleos sejam de origem vegetal ou animal, tem maior capacidade, visto que a grande partes dos óleos são compostos por hidrocarbonetos que exercessem uma função hidrofugantes nas madeiras, poros dos tijolos, e outros materiais, pois isso ocorre devido a polarização dos hidrocarbonetos que são apolares refutando a permanência das moléculas de água, (MORRISON & BOYD, 2011).

Os ácidos graxos ou ácidos orgânicos que compõe o óleo vegetal comestível se diferenciam pelo número de carbono em sua composição e pela presença de instaurações, e principalmente pela cadeia hidrofugante, esta característica se deve pela diferente polaridade d’água (polar) e dos óleos (apolar), (MORRISON & BOYD, 2006), suas estruturas se modificam em relação a temperatura (WUST, 2004), atingindo ponto de fulgor a partir dos 300°C, após o processamento, os óleos são direcionados ao refinamento removendo impurezas como ácidos graxos livres, que podem afetar a qualidade do óleo e a estabilidade da oxidação. Durante o seu uso o óleo vegetal vai perdendo suas propriedades enriquecidas durante o beneficiamento, os hidrocarbonetos se transformam em ácidos graxos, tornando o óleo comestível tóxico ao ser humano e mais viscoso, sua estrutura hidrofugantes, porém se potencializa, Netto *et. al.* (2000).

A eclosão da populacional e o aumento do consumo de alimentos, transformou a indústria de óleos em uma das mais rentáveis do mundo, substituindo a gordura animal e como combustível alternativo e renovável, os óleos vegetais tem sido uma solução eficaz nos processos industriais que se utilizava óleos minerais, acredita Gonçalves e Chaves (2014). A Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE) apresenta dados significativos sobre o aumento deste produto, destacando em especial o óleo de palma e de soja como grandes produtos, entretanto o óleo de soja é considerado um subproduto, já que a soja *in*



natura é um dos principais commodity de exportação do agronegócio brasileiro.

A produção mundial de óleo vegetal alcançou um recorde de 197 milhões de toneladas na safra 2017/2018, aponta o *United States Department of Agriculture (USDA) apud Gottens (2018)*, aumentando em 4% do ano de 2018, esse crescimento recorde favoreceu a economia de diversos países como Brasil, que incorporou e incentivou a produção de biodiesel nos últimos 14 anos.

Com o crescimento de aproximadamente 7,6%, o óleo de palma ainda continua sendo o mais consumido no mundo, em contra partida ao óleo de soja, 63 que no Brasil, de longe é o óleo comestível mais consumido, com uma produção de 8,5 milhões de toneladas ao ano, com um aumento de 3,7 %, destacando desta forma a soja como um produto de alto valor de mercado, destinado a diversos usos.

A cadeia produtiva do óleo de cozinha, neste caso, o óleo de soja, tem impacto diretamente sobre o meio ambiente a agroindústria de oleaginosas, afirmando as informações da ABIOVE, Gonçalves e Chaves (2014), consideram que apesar do óleo vegetal ser menos tóxico que o óleo fóssil, ambos são poluentes, a contaminação dos recursos d'água com óleo de cozinha encarece o tratamento dá água, cria entupimentos nos encanamentos, e pode dificultar a entrada de luz nos rios, lagos e oceanos, atrapalhando a oxigenação da água, causando a mortandade de peixes, e outros animais da fauna aquática, pois os óleos e as graxas como hidrocarbonetos em excesso interferem no processo biológico ocasionando a ineficiência ou eutrofização da água por microrganismo, comprometendo todo um ecossistema e na cadeia alimentar, bem como na economia visto que a pesca é uma importante atividade econômica no país.

Zhang *et. al.* (2003 B) *apud* Gonçalves e Chaves (2014), veem a reciclagem do óleo vegetal como uma alternativa eficiente para a produção do biodiesel, a transesterificação, do óleo revela um importante caminho dentro da logística reversa, dos óleos vegetais usados.

Para Gonçalves e Chaves (2014) a logística reversa considera os interesse da sociedade, resultados positivos na economia, entre, resgate de capital destinado á custos de produção, e que pode retornar produtos, reduzircustos, reciclagem de materiais, reutilização, reparo a danos na cadeia produtiva e novas propostas de produção, envolvendo novos agente como o Estado e uma população indiretamente ligada, a cadeia reversa, ou produtiva, criando ao setor privado competitividade no mercado e boa imagem, em especial ao destaque sobre o papel de responsabilidade ambiental.

2 OBJETIVOS

Entender a influência de biopolímeros como óleo cozinha usado nas propriedades físicas e mecânicas dos adobes com Latossolo de Bauru, adicionando solo Nitossolo de Barra Bonita, tornando-os capazes de resistir a absorção d'água, e a resistência a compressão para serem usados na construção de edifícios.



3 METODOLOGIA

O processo metodológico considerou a análise das estruturas mineralógicas dos solos Latossolo, Nitossolo e a produção de adobes incorporando gradativamente 0%, 2% e 4% de óleo de cozinha usado para dois traços 2:3 – Nitossolo para Latossolo, e 1:4 de Nitossolo para Latossolo, produzindo total de 36 tijolos. Após a produção dos adobes foram realizados ensaios de determinação da massa específica aparente do adobe, retrações relativas lineares e média, ensaio de resistência a compressão e teste de absorção da água, a metodologia apoiou-se nos ensaios de Faria (2008), pois para Neves et. al (2009), acredita que determinados metodologias podem corrigir esta falha e adicionar características positivas para a produção de adobe, que conforme Eires (2010), os biopolímeros auxiliam na durabilidade dos tijolos.

3.1. Materiais

Para a pesquisa foram utilizados dois compostos pedológicos: o Nitossolo Vermelho Eutroférico do município de Barra Bonita/SP, cidade a 50 km de Bauru, e Latossolo Vermelho Amarelo principal solo encontrado no município de Bauru/SP. O biopolímero utilizado foi o óleo de cozinha usado (OCU) coletado da casa do restaurante Universitário da Faculdade de Engenharia de Bauru.

Considerando a necessidade de corrigir os aspectos mineralógicos necessários para a produção de adobe, testes de alguns índices físicos dos solos foram realizados seguindo a metodologia de Faria *et. al.* (2008), considerando a caracterização dos solos com a curva de distribuição granulométricas dos solos, o índice de consistência (Limite de Plasticidade- LP; Limite de Liquidez – LL e o Índice de Plasticidade – IP), a análise mineralógica além da análise da massa unitária do solo solto, teor de umidade higroscópica.

3.2. Produção dos adobes

A produção de adobe segue os processos definidos por Faria (2008), caracterizando na produção ode técnicas tradicionais adicionando os biopolímeros de acordo com Eires (2012).

3.2.1 Preparação da massa

Para a produção de diversos materiais construtivos, muitos elementos são incorporados, esses processos são denominados traços, neste caso foram definidos o traço de percentual dos solos de Barra Bonita/SP- Nitossolo, e o traço para solo de Bauru/SP – Latossolo, para o conjunto de cada 6 tijolos, quais foram adicionados óleo vegetal usado (OVU), considerando desta forma foram ainda considerados os valores da massa específica de cada solo (rS corrigido (g/cm^3)) no traços 2:3 e 1:4 – Nitossolo para Latossolo. Seguindo a Equação 1:

- $r S \text{ corrigido } (g/cm^3) \times 2 = rS t2$
- $r S \text{ corrigido } (g/cm^3) \times 3 = rS t3$



- $r S t_2 + r S t_3 = M r S / 5 = A$
- $A \times V a B = M a B$
- $M a B \times 6 = C$
- $C \times 1,48 = \text{Quantidade de Solo}$

Após calculada as quantias exatas os solos foram peneirados e incorporados com água e amassados com os pés, esse processo, levou cerca de 20 minutos, ao atingir consistência plástica, o barro é levado para descanso por 24 horas, quando depois são adicionados os percentuais de OCU. A figura 1 abaixo demonstra o processo, o mesmo procedimento se aplica ao traço 1:4.

Figura 1 – Mistura dos solos e a incorporação do OCU.



Fonte: autores

3.2.2 Moldagem dos adobes

Os moldes utilizados foram desenvolvidos por Faria et, al , 2009), em uma forma de 7,5 cm de altura, 15 cm de largura e 30 cm de comprimento, após a moldagem os adobes foram colocados para secar a sombra por 15 dias .Conforme figura 2.

Figura 2 – Moldagem dos Adobes



Fonte: Autores.

3.2.3 Secagem dos adobes

Após a moldagem os adobes foram colocados em uma prateleira untadas com areia e deixados em repouso a sombra e ambiente semi ventilado, adquirindo consistência de material rígido, e podendo ser manuseado com cuidado, sendo estes mudados de posição para que todas as faces perdessem água de maneira uniforme, garantindo maior resistência das peças, a figura 3, apresenta o processo de secagem.

Figura 3 – Secagem dos Adobes.



Fonte: Autores

3.3 Resultados

Os adobes foram caracterizados e analisados mediante os ensaios determinados por Faria (2002), em especial para determinação da massa aparente, retração linear e relativa, teste de absorção dá água e resistência a compressão adaptado de Faria *et. al.* (2008).

3.4 Análise dos resultados

Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente e comparando os dois traços da mistura de solo e da adição de biopolímeros, os resultados apresentados foram analisados e discutidos conforma a fundamentação encontrada na bibliografia.



4 RESULTADOS

Os resultados estão apresentados segundo os ensaios de análise granulométrica dos dois solos, além da caracterização física dos adobes como a determinação da retração linear e média, absorção da água e da resistência mecânica à compressão, seguindo metodologia.

4.1- Caracterização dos Solos: Nitossolo e Latossolo

Os resultados obtidos nos solos de Barra Bonita e Bauru, permitirão considerar o primeiro ensaio com traço 2:3 com solos misto, ou seja, 2 traços de Nitossolo de Barra Bonita e 3 traços para o Latossolo de Bauru conforme tabela 1, para aproximadamente 36 adobes para os ensaios de retração, ensaio de compressão e absorção da água.

Tabela 1: Composição mineralógica para o Solo Misto

Parâmetros	Latossolo	Nitossolo	Solo Misto 2:3	Solo Misto 1:4
Areia	77%	16%	55,7	66,8
Silte	8%	19%	11,8	9,8
Argila	15%	65%	32,5	23,4
Limite de Liquidez (LL)	21.5%	46%	-	-
Limite de Plásticidade (LP)	14.2%	25%	-	-
Índice de Plásticidade (IP)	7.3%	21%	-	-
Teor de Umidade (Us)	1.22%	8.96%	-	-
Massa Específica do Solo (Y_{ap})	1.19 g/cm ³	1.02 g/cm ³	-	-
Retração Linear o Solo (RLs)	17 mm	32 mm	-	-

Fonte:Autores

4.2 Determinação da retração linear e média

Para a determinação da retração linear e média foram medidas todas as faces conforme figura 4 e calculadas encontrando assim os resultados necessários.

Figura 4: Mensuração das faces do adobe.



Fonte: Autores

Os resultados do ensaio se encontram na tabela 2:

Tabela 2 – Resultados do ensaio de determinação das retrações relativas médias

TRAÇO	RETRAÇÃO RELATIVA MÉDIA		
	MÉDIAS	DESVIO PADRÃO	COEFICIENTE DE VARIACÃO (%)
0%	4,15	0,89	21,23
2:3 2% OCU	3,9	1,14	39,94
4% OCU	4,32	1,54	45,73
0%	2,62	0,21	14,33
1:4 2% OCU	3,51	0,75	17,15
4% OCU	3,62	0,76	20,73

Fonte: Autores

As argilas naturalmente são elementos hidro aderentes, ou seja, sua partículas se agrupam em contato com água, desta forma a retração durante a adição da água, era esperado, porem devido a alta quantidade de argilomineral presente no adobe, e sua característica expansiva, os argilominerais também se expandem quando a água evapotranspiração, rachando ou trincando, como figura 5.



Figura 5: Rachaduras nos adobes.



Fonte: Autores

Os resultados obtidos com os traços 1:4 foram mais promissores, foi possível considerar que este traço com menor quantidade de argila, obteve menor retração e assim não foi afetado por rachaduras e trincas, como figura 6.

Figura 6: Adobes traço 1:4 sem rachaduras



Fonte: Autores

4.4 Determinação da resistência à compressão

A resistência a compressão seguiu a metodologia de Faria (2008), foram separados: 0% de OCU, 2%, e para 4%, para todos os respectivos traços. Após serem organizados, os tijolos foram serrados em corpos de prova de 7,5x7,5 cm, com a adição de óleo de cozinha e argilominerais as superfícies ficaram irregulares e capeadas para regularizar as superfícies, conforme figura 7:

Figura 7: Adobes traço 1:4 sem rachaduras



Fonte: Autores



Tabela 3—Resultados do ensaio de determinação da resistência à compressão

TRAÇO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - MPa		
	MÉDIAS	DESVIO PADRÃO - sd	COEFICIENTE DE VARIACÃO- CV (%)
0%	1,93	0,14	7,38
2:3 2% OCU	0,97	0,92	7,36
4% OCU	0,85	0,91	10,36
0%	1,76	0,13	7,56
1:4 2% OCU	0,87	0,11	1,76
4% OCU	0,73	0,06	9,38

Fonte: Autores

Os dados apresentados na tabela 3, demonstra que a adição de óleo de cozinha usado (OCU), diminuíram a resistência mecânica a compressão, porém deve-se observar que no primeiro traço 2:3 temos uma resistência maior em todos os percentuais de OCU, suportando em torno de mais de 1000 kgf, por cm², contudo devido alta retração, esse traço não funciona como material construtivo, a diminuição maior nos traços 1:4, ocorre devido a menor quantidade de argila que possibilita uma maior resistência a compressão, ou seja, mesmo que a queda da resistência a compressão seja maior neste traço, o mesmo não apresentou rachaduras ou fissuras em seu corpo.

4.3 Determinação da absorção de água

Para o teste de absorção da água, os adobes foram secos em uma estufa por 24 horas e pesados, após esse processo eles foram colocados em tanques com água onde permaneceram por aproximadamente 24 horas, após esse período foram novamente pesados, e assim onde foi possível verificar as condições físicas dos adobes pós submersão, a figura 8, apresenta o processo.



Figura 8: Determinação da absorção da água.



Fonte: Autores.

Após esse período os adobes foram analisados e mensurados, os resultados serão apresentados na tabela 4, os adobes com 0% de biopolímero OCU, desintegraram totalmente, tanto no traço 1:4 quanto no 2:3, os adobes de 2% de OCU também se desintegraram parcialmente, inutilizando em alguns casos para determinar o percentual de absorção, sendo considerados como absorção total de água.

Tabela 8–Resultados do ensaio de determinação da absorção de água

TRAÇO	TESTE DE ABSORÇÃO DA ÁGUA - %		
	MÉDIAS	DESVIO PADRÃO - sd	COEFICIENTE DE VARIACÃO- CV (%)
0%	100	0,00	0,00
2:3 2% OCU	45,69	47,04	10,29
4% OCU	16,04	2,07	12,67
0%	100	0,00	0,00
1:4 2% OCU	23,39	66,35	28,36
4% OCU	14,31	0,29	2,34

Fonte: Autores

O percentual de 4% OCU obteve menor absorção da água nos dois traços, porém foram ineficientes em relação a resistência da compressão, além disso o OCU, aumentou a viscosidade do solo e indicando elevação no percentual de retração linear, a impermeabilização conta absorção de água aparece como ineficaz nos adobes que não receberam nenhum tipo de biopolímero desintegrando os adobes totalmente, enquanto os adobes com traços 2% de OCU tiveram desintegração parcial, os adobes com 4% de OCU, não sofreram nenhuma desintegração, permitindo observar que com uma maior adição de biopolímero mais eficaz se torna a impermeabilização, os resultados observáveis conforme figura 8.

Figura 8: Adobes após 24 horas imersos em água, respectivamente 0% OCU, 2% OCU e 4% OCU.



Fonte: Autores

Os destaques apresentados demonstram a eficácia dos biopolímeros, porém devido a inexistência de normas adequadas para adobes, porém consideram as normas NBR 10834 (ABNT 2012) para tijolos de solocimento, que aufere a utilidade para os materiais com valores de absorção de até aproximadamente 20%, os percentuais adequados para a produção dos adobes incorporando OCU, foram de 4%, entretanto, os traços de 2:3, devido a retração são ineficazes para uso.

5 CONCLUSÃO

Analisando os fenômenos referentes ao déficit habitacional no Brasil, e as referências bibliográficas sobre a questão da construção civil e os impactos ambientais envolvidos na indústria civil no país, as averiguações sobre novas metodologias e materiais construtivos são necessárias. Os setores voltados para Arquitetura e da Engenharia têm demonstrado grande interesse sobre a expansão da bioconstrução, fator fundamental para este processo, que surge como proposta de baixo custo para construção de edificações sustentáveis. Os aspectos voltados para Arquitetura com Terra e suas potencialidades, fomentam pesquisas em todos os setores da construção civil.

Este projeto destacou a importância de se repensar na problemática que envolve a questão da sustentabilidade e como o campo da pesquisa pode contribuir com novas propostas, como por exemplo, a produção de materiais milenares como o adobe.

Os traços definidos deste projeto foram 1:4 e 2:3, os resultados apresentados por ambos foram aparentemente parecidos, entretanto o traço 2:3 demonstrou alta retração (de 4,15% - 0%OCU, para 4,32% - 4%OVU) e trinca nos tijolos, além de queda na resistência a compressão (de 1,93 MPa para 0,85 MPa) e alta absorção de água.(100% - 0%OCU, 45,65% - 2% OCU e 16,04- 4% OCU). O traço 1:4 foi definido para regularizar a composição granulométrica, que obtiveram resultados um pouco mais baixo em relação a retração, porém houve uma queda gradativa com a incorporação dos biopolímeros. O teste de absorção foi surpreendente, pois com este traço e um valor de 4% de OCU, os tijolos não tiveram sua geometria inicial modificada. Devido as estas condições os adobes 1:4 com percentual de 4% de OCU, foram os adobes selecionados como material construtivo, porém devido a sua menor resistência a compressão, ele pode ser usado como elemento de vedação, e não estrutural. Para solucionar



estes problemas novas propostas de projetos estarão em andamento, resgatando novas bibliografias, a próxima etapa será realizar a adição de fibras para estabilização, controle da retração e aumento da resistência dos tijolos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10834: Bloco de solo-cimento sem função estrutural – requisitos.** Rio de Janeiro, 2012. 5 p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13555: Solo-cimento – determinação da absorção de água – método de ensaio.** Rio de Janeiro, 2012. 1 p.

BATTISTELLE, R. A. G. **Análise da viabilidade técnica do resíduo de celulose e papel em tijolos de adobe.** Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-08122016-113526/pt-br.php>>. Acesso em: 20 de março de 2018.

BECKER, D. F.; ALMEIDA, J; GOMÉZ, W.H; PHILOMENA, A.L; RAMPAZZO, S.E; REIGOTA, M; VARGAS, P.R; **Desenvolvimento Sustentável: Necessidadee/ou Possibilidade?** – 2 ed. EDUNISC.Santa Cruz do Sul. 1999.

BOFF, L; **Sustentabilidade: O que é, o que não é** . 1ªed. Vozes. Petrópolis, 2012. 200p.

CARDOSO, F. F.; ARAUJO, V. M. Redução de Impactos Ambientais do Canteiro de Obras. In: **PROJETO para Construção Habitacional Mais Sustentável.** São Paulo: Edusp, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S1678-8621201700040007900008&lng=en> Acesso> 12 Jun. 2019.

CARVALHO, T. M. P.; LOPES, W. G. R. **A arquitetura de terra e o desenvolvimento sustentável na construção civil.** VII CONNEPI Palmas, TO. 2012.

EIRES, R. M. G. **Construção em terra: desempenho melhorado com incorporação de biopolímeros.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil – Materiais de Construção) - Escola de engenharia - Universidade do Minho, Portugal. 2012. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/21010>>. Acesso em 13 de Setembro de 2018.

EIRES, R.; CAMÕES, J; JALALI, S. **Optimização do desempenho de construção em terra com recurso a bio-polímeros.** Universidade do Minho - Departamento de Engenharia Civil. In: Terra em seminário 2010. Coimbra - Portugal, 2010. Ed. Argumentum. p. 168-171

FARIA, O. B. **Utilização de macrófitas aquáticas na produção de adobe: um estudo de caso no Reservatório de Salto Grande (Americana-SP).** Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-10022003-103821/>>. Acesso em: 02 de Fevereiro de 2018.

FARIA, O. B.; OLIVEIRA, B. M. de; TAHIRA, M.; BATTISTELLE, R. A. G. **Realização do programa interlaboratorial PROTERRA em Bauru-SP (Brasil).** In: TERRABRASIL 2008, São Luiz - Maranhão, p. 39-50. Disponível em: <https://www.academia.edu/35731095/Actas_7_SIACOT._Brasil_2008>. Acesso em: 08 de Fevereiro de 2018.

FUREGATTI, S. A; RODRIGUES, R. A. **Granulometria. Limite de Consistência e Classificação de Solos : Mecânica dos Solos e Fundações.** 01 Mar. 2018 – 30 Jun. 2018. Notas de Aulas. 3. Faculdade de Engenharia de Bauru. Bauru. 2018. 14p.

Gonçalves, M. F. S; CHAVES, G. L. D. **Perspectiva do Óleo Residual de Cozinha (ORC) no Brasil e suas dimensões na Logística Reversa.** Revista Espacios. Espacios. Vol. 35 (Nº 8) Año 2014.

GOTTEMS, L; USDA revisa para cima projeções para soja brasileira. KLAFMAN Group Notícias. Disponível em <<http://portalklf.com.br/noticia/usda-revisa-para-cima-projecoes-para-soja-brasileira-1060065>> Acesso em 10 Jan. 2019.



GRÜNBERG, P. R. M.; MEDEIROS, M. H. F.; TAVARES, S. F.. **Certificação ambiental de habitações: comparação entre LEED for homes**, Processo Aqua e Selo Casa Azul. Revista Ambiente & Sociedade: São Paulo, v. 17, n. 2, pp. 195-214, 2014.

LEPSCH, I. F. Formação e conservação dos solos. 1. Ed. Oficina de Textos. São Paulo. 2002. 178 p.

MARICATO, E. **As ideias fora do lugar, e o lugar fora das ideias**. In: ARANTES, O. B. F.; VAINER, C.; MARICATO, E. A *cidade do pensamento único. Desmanchando consensos*. Coleção Zero à esquerda, Petrópolis, Vozes, 2000.

MAURY, M. B., BLUMENSCHNEIN, R.N. **Produção de cimento: Impactos à saúde e ao meio ambiente**. Sustentabilidade em Debate. 2012. Disponível em: <<http://seer.bce.unb.br/index.php/sust/article/view/7199/5666>> Acesso em 18 de out. 2018.

MIKHAILOVA, I. **Sustentabilidade: Evolução dos Conceitos Teóricos e os Problemas da Mensuração Prática**. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Revista Economia e Desenvolvimento, nº 16, 2004. Disponível em <http://w3.ufsm.br/depcie/arquivos/artigo/ii_sustentabilidade.pdf> Acesso em 12 nov. 2018

MILANEZ, B; LOSEKANN C; (Org.). **Desastre no Vale do Rio Doce: antecedentes, impactos e ações sobre a destruição**– Rio de Janeiro: Folio Digital: Letra e Imagem, 2016. Disponível em:<<http://ftp.medicina.ufmg.br/osat/ebook/2017/desastre-no-vale-do-rio-doce-16-03-2017.pdf>> Acesso 15 Mai. 2019.

MINKE, G. **Manual de construccionentierra**. Ed. Nordan-Comunidad, Montevideo, Uruguai, 2001.

Morrison, R.; Boyd, R.; **Química Orgânica**, 13a ed., Fundação Calouste Gulbenkian: Lisboa, 1996.

NETO, P. R. C.; ROSSI, L. F. S.; ZAGONEL, G. F.; RAMOS, L. P. **Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras**. Curitiba. In: Química Nova. v. 23, n. 4. 2000. Disponível em:<http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=1454>. Acesso em: 08 mar. de 2019

NEVES, C. M. M.; FARIA, O. B.; ROTONDARO, R.; CEVALLOS, P. S.; HOFFMANN, M. V. **Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra: práticas de campo**. PROTERRA, 2009. Disponível em: <https://www.academia.edu/35702223/Sele%C3%A7%C3%A3o_de_solos_e_m%C3%A9todos_de_controle_na_constru%C3%A7%C3%A3o_com_terra._Pr%C3%A1ticas_de_campo>. Acesso em: 11 de Fevereiro de 2018.

NEVES, C.; FARIA, O. B. (Org.). **Técnicas de construção com terra**. Bauru, SP: FEB-UNESP/PROTERRA, 2011. p. 9-25. Disponível em: <<https://www.academia.edu/35702333/T%C3%A9cnicasdeconstru%C3%A7%C3%A3ocomterra>>. Acesso em: 11 de Fevereiro de 2018.

POPP, J. H. **Meteorização das Rochas: Os Solos**. In: POPP, J.H. Geologia Geral. 5ªed:- Rio de Janeiro. LTC. 2002. p.56-86

ROTH, C; GARCIA, C. **Construção Civil e a Degradação Ambiental**. *Desenvolvimento Em Questão*, 7(13), 111-128. 2011. Disponível em www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/169/125 Acesso em 10 Set. 2018.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Embrapa Solos. Brasília. 2018. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094001/brazilian-soil-classification-system>> . Acesso 12 de Nov. 2018.

WUST, E. **Estudo da viabilidade técnico-científica da produção de biodiesel a partir de resíduos gordurosos**. Mestrado, Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade Regional de Blumenau – FURB, Blumenau, 2004