

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

THAIS COSTA ALMADA

PROPOSTA PARA O DESENVOLVIMENTO DE OBJETOS EM TERRA CRUA EM
AMBIENTES INTERNOS: O TRADICIONAL NO CONTEXTO DE EFEMERIDADE

CURITIBA

2019

THAIS COSTA ALMADA

PROPOSTA PARA O DESENVOLVIMENTO DE OBJETOS EM TERRA CRUA EM
AMBIENTES INTERNOS: O TRADICIONAL NO CONTEXTO DE EFEMERIDADE

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia da Construção Civil, Área de Concentração em Ambiente Construído, no curso de Pós Graduação em Engenharia de Construção Civil, Setor de Tecnologia, da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Aloisio Schmid

CURITIBA

2019

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Almada, Thais

Proposta para o desenvolvimento de objetos em terra crua em ambientes internos: o tradicional no contexto de efemeridade / Thais Almada. – Curitiba, 2019.

1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil.

Orientador: Aloisio Schmid

1. Arquitetura de habitação. 2. Materiais de construção. 3. Arquitetura sustentável. 4. Arquitetura – Aspectos ambientais. I. Universidade Federal do Paraná. II. Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil. III. Schmid, Aloisio. IV. Título.

Bibliotecário: Douglas Lenon da Silva CRB-9/1892



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA CIVIL -
40001016049P2

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA CIVIL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **THAIS COSTA ALMADA**, intitulada: **Proposta para o desenvolvimento de objetos em terra crua em ambientes internos: o tradicional no contexto de efemeridade**, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 05 de Fevereiro de 2020.



Documento assinado digitalmente
ALOISIO LEONI SCHMID
Data: 27/10/2025 18:26:34-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Assinatura Eletrônica

12/04/2021 14:54:09.0

ALOISIO LEONI SCHMID

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

12/04/2021 16:28:13.0

MARIENNE DO ROCIO DE MELLO MARON DA COSTA

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)



Documento assinado digitalmente
MARIENNE DO ROCIO DE MELLO MARON DA CO:
Data: 29/10/2025 22:12:40-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

23/02/2021 17:39:30.0

AGUINALDO DOS SANTOS

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)



Documento assinado digitalmente
AGUINALDO DOS SANTOS
Data: 29/10/2025 20:27:52-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Centro Politécnico - CURITIBA - Paraná - Brasil

CEP 81531-980 - Tel: (41) 3361-3110 - E-mail: ppgecc@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.
Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 76654

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe pela ajuda em todos os momentos.

Agradeço ao Marcelo da maquetaria por me ajudar na execução dos moldes e ferramentas.

Agradeço ao pessoal da manutenção do Centro Politécnico da UFPR por colaborarem durante a execução dos moldes da oficina e ferramentas.

Agradeço ao Ricardo Volert por ter me ajudado com os materiais para a oficina e Nathalia Azevedo pela parceria e pelos ensinamentos.

E agradeço ao meu orientador, prof. Aloisio Schmid, pelo apoio constante.

RESUMO

Os materiais de construção podem ser aplicados de maneira a obter uma arquitetura preocupada com o meio ambiente. A terra é um dos materiais mais abundantes na natureza. Tem sido usada há muitos anos em todas as partes do mundo, seja para construir moradias, moldar objetos, utensílios domésticos, etc. A milenar arquitetura de terra altamente difundida ainda é baseada principalmente em experiências tradicionais. Há relevância na recuperação de técnicas construtivas antigas; dentre todas as tecnologias de construção com terra, a da terra compactada ou taipa de pilão é aplicável em diversas situações, oferecendo benefícios, qualidades e vantagens otimizando o uso de recursos naturais com mínimo impacto ambiental. A terra compactada ou batida é uma técnica de construção antiga que consiste em solo solto insaturado compactado dentro de uma fôrma. A presente pesquisa pretende apresentar uma proposta para o desenvolvimento de objetos em terra crua em ambientes internos sem a adição de aglomerantes como a cal e o cimento que possam ser utilizados por um período curto de tempo e, após o uso, descartados no próprio local de instalação sem danos ao meio ambiente. Através do método Design Science Research executou-se um objeto em terra crua que foi validado através do cumprimento rigoroso das etapas de execução. O resultado da pesquisa mostrou facilidade de execução quanto ao uso da terra nas etapas do protocolo de construção de um objeto sem adição de cimento sendo possível executar uma estrutura em taipa de pilão no interior de construções em tempo mínimo e ainda obter um produto com um desempenho ambiental apropriado ao longo do seu ciclo de vida com uma solução construtiva adequada.

Palavras-chave: Arquitetura de terra; taipa de pilão; objetos em taipa de pilão.

ABSTRACT

The building materials can be applied in order to obtain an architecture concerned with the environment. The earth is one of the most abundant materials in nature. It has been used for many years in all parts of the world, whether to build houses, to mold objects, household utensils, etc. The millenary architecture of highly widespread land is still mainly based on traditional experiences. There is relevance in the recovery of millennial constructive techniques; among all the technologies of construction with earth, the one of the rammed earth is applicable in diverse situations, offering benefits, qualities and advantages optimizing the use of natural resources with minimum environmental impact. Rammed earth is an older construction technique consisting of unsaturated loose soil compacted within a die. The present research intends to present a proposal for the development of objects in raw earth in internal environments without the addition of binders such as lime and cement that can be used for a short period of time and, after use, discarded at the site of installation without damage to the environment. Through the Design Science Research method an earth raw object was executed which was validated by strict compliance with the execution steps. The result of the research showed ease of execution regarding land use in the steps of the protocol of construction of an object without addition of cement being possible to execute a rammed earth structure inside buildings in minimum time and still obtain a product with a performance environment throughout its life cycle with a suitable and low cost building solution.

Key-words: Earth Architecture; rammed earth; rammed earth furniture.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - YARANGAS , IGLUS e GOATHL	26
FIGURA 2 - CONVERSADEIRAS	30
FIGURA 3 – TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO COM TERRA: ESCAVAR	31
FIGURA 4 – TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO COM TERRA: COBRIR	31
FIGURA 5 – TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO COM TERRA: PREENCHER	32
FIGURA 6 – TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO COM TERRA: CORTAR	32
FIGURA 7 – TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO COM TERRA: COMPACTAR.....	33
FIGURA 8 – TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO COM TERRA – MOLDAR	33
FIGURA 9 – TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO COM TERRA – EMPILHAR	33
FIGURA 10 – TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO COM TERRA: MODULAR	34
FIGURA 11 – TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO COM TERRA: EXTRUDAR.....	34
FIGURA 12 – TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO COM TERRA: DAR FORMA.....	35
FIGURA 13 – TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO COM TERRA – DERRAMAR.....	35
FIGURA 14 - EXTERIOR E PLANTA PAVILHÃO	36
FIGURA 15 – TAIPA DE PILÃO CONTEMPORÂNEA.....	37
FIGURA 16 – PROJETOS UBS GURUGI	38
FIGURA 17 – CENTRO DE CIRURGIA INFANTIL EMERGENCIAL EM UGANDA..	39
FIGURA 18 - FÔRMAS	42
FIGURA 19 - COMPACTADORES MANUAIS E PNEUMÁTICOS.....	43
FIGURA 20 - FUROS FEITOS PELAS HASTES	43
FIGURA 21 – BARRAS DE AÇO NA FUNDAÇÃO	44
FIGURA 22 - PAINEIS COMPENSADOS	45
FIGURA 23 - EARTH PRISM	46
FIGURA 24 - RAMMED EARTH STOVE	47
FIGURA 25 – INSTALAÇÃO	48
FIGURA 26 VASO DE TAIPA DE PILÃO	48
FIGURA 27 - TRABALHO COM A TERRA E AMOSTRAS DO SOLO	57
FIGURA 28 - PREPARO E COMPACTAÇÃO TERRA.....	58
FIGURA 29 - AMOSTRAS E FASES BLOCOS DE TERRA.....	58
FIGURA 30 - COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	60
FIGURA 31 - AMOSTRAS DOS SOLOS UTILIZADOS	61

FIGURA 32 - FÓRMULA PARA CÁLCULO DAS FRAÇÕES DE CADA COMPONENTE DA TERRA.....	62
FIGURA 33 - SEQUÊNCIA PARA CONSTRUÇÃO DA TAIPA DE PILÃO EXTERNAMENTE.....	64
FIGURA 34 - DIAGRAMA DA SEQUENCIA DURANTE OFICINA DE TAIPA DE PILÃO.....	65
FIGURA 35 - MISTURA DOS SOLOS NA CAIXA E BETONEIRA.....	66
FIGURA 36 - AVALIAÇÃO DA UMIDADE DA MISTURA.....	68
FIGURA 37 - PROJETO FÔRMA OFICINA	69
FIGURA 38 - MONTAGEM FORMAS	70
FIGURA 39 – COMPACTAÇÃO.....	71
FIGURA 40 - COMPACTADORES USADOS NA OFICINA.....	72
FIGURA 41 – DESFORMA.....	72
FIGURA 42 - MEDIÇÃO PAREDES 22/05: SEM CIMENTO E COM CIMENTO.....	73
FIGURA 43 - MEDIÇÃO PAREDES 05/06: SEM CIMENTO E COM CIMENTO	74
FIGURA 44 - MEDIÇÃO PAREDES 19/06: SEM CIMENTO E COM CIMENTO	74
FIGURA 45 – DESENHO ESQUEMÁTICO EROÇÃO E TRINCAS PAREDES COM CIMENTO E SEM CIMENTO (RESPECTIVAMENTE).....	75
FIGURA 46 - ETAPAS CONSTRUÇÃO PROTÓTIPO	77
FIGURA 47 - DETALHE FORMA PROTÓTIPO	78
FIGURA 48 - FORMAS PROTÓTIPO	79
FIGURA 49 - FORNOS PARA SECAGEM.....	80
FIGURA 50 - PENEIRA 4 mm E TERRA PENEIRADA.....	80
FIGURA 51 - PESAGEM, AREIA AGREGADA À TERRA E MISTURA PRONTA	81
FIGURA 52 - COMPACTADOR MANUAL E 1ª CAMADA COMPACTADA	82
FIGURA 53 - CAMADAS COMPACTADAS E PROTÓTIPO DESENFORMADO	82
FIGURA 54 - GARRAFA MISTURA SOLO 2ª CAMADA.....	84
FIGURA 55 - GARRAFA MISTURA SOLO 3ª CAMADA.....	84
FIGURA 56 - GARRAFA MISTURA SOLO 4ª CAMADA.....	85
FIGURA 57 - OS DOIS PROTÓTIPOS	85
FIGURA 58 - SOLO APÓS PROTÓTIPO SER QUEBRADO	86
FIGURA 59 – 3º PROTÓTIPO FEITO APÓS DEMOLIÇÃO 2º PROTÓTIPO	87

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - TIPOS DE ARTEFATOS	51
QUADRO 2 - TABULEIRO CARAZÁS	57

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CÁLCULO DAS FRAÇÕES DE CADA COMPONENTE DE TERRA	63
TABELA 2 - MATERIAIS UTILIZADOS PARA O PROTÓTIPO.....	79
TABELA 3 - CRONOGRAMA PORTA-VASO 1 (OUTUBRO 2018)	87
TABELA 4 - CRONOGRAMA PORTA-VASO 2 (NOVEMBRO 2018)	88
TABELA 5 – ERROS COMETIDOS DURANTE EXECUÇÃO	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAU - PR	- Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Paraná
UFPR	- Universidade Federal do Paraná
CEPED	- Centro de estudos e pesquisa em didática

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	A TAIPA DE PILÃO: OBSOLESCÊNCIA E ATUALIDADE	16
1.2	PROBLEMA.....	17
1.3	OBJETIVO	18
1.4	HIPÓTESE	19
1.5	JUSTIFICATIVA.....	19
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1	O TRADICIONAL COMO MATERIAL EFÊMERO	23
2.1.2	Definições.....	23
2.1.3	Características.....	24
2.1.4	Utilização	25
2.2	ARQUITETURA DE TERRA.....	27
2.2.1	Histórico.....	27
2.2.2	Características.....	28
2.2.3	Técnicas construtivas	30
2.2.4	Utilização	35
2.2.5	Inovação	37
2.2.6	A técnica da taipa pilão.....	39
3	MÉTODOS DE PESQUISA	50
3.1	DESIGN SCIENCE RESEARCH	50
3.2	ESTRATÉGIA DA PESQUISA.....	52
3.2.1	Seleção do método e estratégia de desenvolvimento	53
3.2.2	Unidade de análise	53
3.2.3	Delimitação do trabalho	53
3.2.4	Protocolo de coleta de dados	54
3.2.5	Validação do método.....	55
3.3	ELABORAÇÃO DOS ARTEFATOS.....	55
3.3.1	Testes de identificação dos solos (Teste Carazás)	56
3.3.2	Oficina de Taipa de Pilão.....	59
3.3.3	Protocolo de construção	76
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	88
5	CONCLUSÃO.....	91

5.1	SUGESTÃO TRABALHOS FUTUROS.....	93
	REFERÊNCIAS.....	94
	APÊNDICE A – LUMINÁRIA EM TAIPA DE PILÃO	101

1 INTRODUÇÃO

1.1 A TAIPA DE PILÃO: OBSOLESCÊNCIA E ATUALIDADE

A industrialização da construção civil intensificada no século XX priorizou soluções rápidas para as técnicas construtivas com pouca ou nenhuma preocupação com o meio ambiente. Com o desenvolvimento da tecnologia atrelado às necessidades de soluções rápidas, muitos dos processos antigos de produção foram abandonados por serem considerados obsoletos, quando uma visão que incorpore aspectos ambientais sugere que não necessariamente são.

Uma arquitetura preocupada com o meio ambiente pode nortear a escolha e aplicação de materiais de construção, tendo como cuidado principal o uso da matéria-prima com um propósito de sustentabilidade. O ser humano consegue estar em equilíbrio com o seu meio obtendo mais qualidade nos espaços construídos através do controle sobre a tecnologia (HEISE, 2004).

O uso da terra como material de construção está presente em quase todas as áreas geográficas do mundo, embora em menor grau em climas frios e maior em clima temperado e quente (CHIAPPERO e SUPISICHE, 2003).

A terra vem sendo utilizada em várias partes do planeta como material de construção de habitações, na modelagem de objetos, ferramentas domésticas, etc. Por ser um material abundante na natureza, a aplicação deste material se tornou muito popular em algumas civilizações sendo empregada de diversas maneiras (HEISE, 2004).

Nos dias atuais as técnicas vernaculares voltaram para o centro das atenções dos construtores. Uma dessas técnicas é a terra compactada ou taipa de pilão. A técnica da taipa de pilão pode ser aplicada em diversas situações proporcionando benefícios, qualidades e vantagens visando o uso consciente dos recursos naturais com impacto ambiental reduzido (HEISE, 2004).

De acordo com Jalali e Eires (2008), a taipa de pilão ou terra batida/compactada é uma técnica construtiva usada há pelo menos 7000 AC no Paquistão que foi muito utilizada em construções ao redor do planeta e possui estruturas de até sete andares de altura, localizadas no Irã e na Alemanha. Na época do domínio colonialista, devido aos obstáculos com relação ao transporte de materiais para a construção e a abundância de terra, a taipa de pilão era uma das técnicas mais utilizadas, normalmente utilizando terra do próprio terreno (BERGE 2009). Através desse tipo de tecnologia, podem-se construir objetos arquitetônicos, alguns temporários, isto é, que terão de ser demolidas em curto espaço de tempo, gerando resíduos, mas não impactando o meio ambiente. Ao mesmo tempo em que a terra favorece a sustentabilidade de uma construção devido a sua economia de energia, ela pode voltar à “terra” após o uso em uma edificação (JALALI e EIRES, 2008).

1.2 PROBLEMA

Atualmente as construções causam impacto ao meio ambiente. A terra sendo considerada como material de construção é uma matéria prima-ecológica, abundante e atóxica (BRAGA e ROCHETA, 2006). A terra é um material muito farto, reciclável, com boas propriedades higrotérmicas, resistente e com baixo custo (GALLIPOLI et al, 2017).

As técnicas construtivas têm evoluído inclusive as construções com o uso de terra (TORGAL e JALALI, 2011). A técnica de construção com terra compactada ou taipa de pilão foi muito utilizada e recentemente voltou a ser utilizada por construtores com adequações quanto ao clima, ao solo existente, as modernas ferramentas para melhorar a produção deste tipo de construção. Não é qualquer tipo de solo que é recomendável para o uso na taipa de pilão. Considerando para o uso em construção, este solo precisa ter uma granulometria pertinente ao uso devendo ser composto de 65% a 70% de areia e 35% a 30% de argila (HEISE, 2004).

Os materiais essenciais que formam a taipa de pilão são as argilas (ligantes) e as areias (agregados), resultando em um material classificado como uma argamassa (VAN EIJK e SOUZA, 2006).

A terra compactada é essencialmente uma rocha sedimentar feita pelo homem. Ao invés de ser comprimido por milhares de anos sob profundas camadas de solo, é formado em minutos por compactação mecânica de solo devidamente preparado. O solo é resultante da ação conjunta de agentes intempéricos sobre as rochas e é constituído por partículas minerais e orgânicas. Sua plasticidade e coesão são influenciadas diretamente pelos teores de areia, silte e argila.

Esse tipo de construção depende das qualidades do solo e do ligante utilizado, como por exemplo o cimento. (TORGAL e JALALI, 2011). O cimento visa estabilizar a terra. A estabilização do solo pode acontecer através de um processo mecânico ou químico; com o uso de compactadores o processo é mecânico e com o uso de cimento ou cal o processo é químico. A estabilização torna a estrutura mais rígida podendo suportar a ação de cargas externas e ações climáticas (BATISTA, 1976). A utilização do cimento como ligante torna as construções mais resistentes, mas consequentemente dificulta a sua reciclagem.

As etapas de construção prescritas na técnica da taipa de pilão executadas no exterior podem ser feitas em ambientes internos com suficiente qualidade e durabilidade sem a utilização de cimento na composição? A composição da terra da estrutura pode ser reciclada? Isto se aplica a objetos móveis (transportados ao longo da etapa de utilização)?

1.3 OBJETIVO

A presente pesquisa pretende testar um processo de construção em terra crua em elementos construtivos fixos, rígidos, teoricamente duráveis para o uso em ambientes internos. Se esses elementos produzidos sem a adição de cimento podem ser fabricados em um tempo específico tendo controle sobre o cronograma de execução e de modo que o resultado seja aceitável em termos de aparência, que não esfarele e que seja durável, que esses objetos possam ser utilizados por um período curto e serem descartados após o uso no próprio local de fabricação com o

mínimo de danos ao meio ambiente, ou serem reciclados podendo ser utilizado para a fabricação de outro objeto.

1.4 HIPÓTESE

Construções com terra crua são elaboradas a partir de solos supostamente isentos de compostos que agredem o meio ambiente e a saúde humana. Sendo assim, este trabalho adota a hipótese de que o processo de execução de um objeto em terra crua construído em ambiente interno obtenha resultado satisfatório com relação às etapas de construção, a composição do material e a técnica utilizada que um objeto construído em ambiente externo. Respeitando todas as fases de construção, o projeto do objeto, os materiais utilizados excluindo cimento da composição, dentro da mesma técnica, a taipa de pilão, espera-se obter um produto com qualidade, executado em prazo tolerável e com o custo equivalente, de material e mão de obra, ao tijolo cozido sendo passível de realizar objetos como divisórias, armário, banco, mesas, vasos, etc, integralmente reciclável.

1.5 JUSTIFICATIVA

Devido às premissas dos empreendimentos arquitetônicos atuais, uma nova categoria de arquitetura está surgindo, a Arquitetura Efêmera, cuja essência é criar lugares efêmeros, temporários, portáteis ou remontáveis transformando elementos ou objetos no local da construção em arquitetura (PAZ, 2015).

No universo do desenvolvimento sustentável, a indústria da construção tem impacto social e ambiental ao propor desenvolvimento adequado de materiais e métodos com o intuito de proteger o meio ambiente (MISHRA, 2015).

No cenário onde as construções que respeitam o meio ambiente se destacam, a terra se sobressai como material essencial. Na busca por uma arquitetura preocupada com o meio ambiente, a terra crua apresenta qualidades ambientais distintas, como o baixo consumo energético e ser reciclável (GRIGOLETTO et al., 2015).

A terra é um material que permite sua utilização em construções temporárias, pois pode ser reintegrado ao local de origem após o seu uso. A importância desta pesquisa sobre construções com terra crua pode ser justificada pelas vantagens construtivas, ambientais, econômicas e sociais.

A terra, por não ser cozida, necessita de pouca energia para sua fabricação gerando menos CO₂ em relação aos tijolos cozidos ou os de cimento. É abundante na natureza, e frequentemente é possível utilizar a terra disponível no próprio local da construção. A construção com terra crua pode produzir ou não resíduos. Tendo resíduos, estes podem ser reciclados, sendo reutilizados na sua forma original ou podem ser restituídos ao meio ambiente local como argila caso não tenha com algum aditivo químico. A salubridade das construções em terra está ligada ao fato de ser um material natural, não tóxico, com boas propriedades higrotérmicas que permitem que a construção faça trocas gasosas sem causar condensações (JALALI e EIRES, 2008). Segundo Minke (2006), as construções em terra possuem a capacidade de regular a umidade relativa dos ambientes proporcionando equilíbrio e estabilidade. De acordo com Jalali e Eires (2008), é recomendado o uso de pinturas com tintas naturais, sem componentes tóxicos voláteis para manter a permeabilidade.

As construções com terra crua valorizam o patrimônio e o saber ancestral, transmitindo tecnologia aos artesãos para um incremento socioeconômico melhorando a vida das pessoas de baixa renda. Este é um importante diferencial destas construções.

A fabricação de blocos monolíticos de terra crua compactada tem baixo custo. Por ser manual, requer alta intensidade de mão de obra, favorecendo a economia local. Este tipo de construção pode ser utilizado em alternativa às de tijolos queimados, tornando-as mais econômicas. Há real possibilidade de se fortalecer pequenos empresários e artesãos individuais com potencial para otimização estrutural, com o design de placas leves, com vazios no seu interior, facilitando o transporte e montagem.

O uso da terra crua na taipa de pilão requer capacitação da tecnologia de execução. A forma de construir requer habilidade e instrução na área, já que este

tipo de construção requer alguns cuidados, como a fabricação da fôrma, o modo de compactação e a proteção quanto á penetração de água (JALALI e EIRES, 2008). O processo de produção da taipa de pilão com a terra crua é uma solução atualmente encontrada no mercado da construção. É uma técnica que necessita de pesquisa e prática dos profissionais envolvidos para que seja considerada mais uma opção de construção trazendo benefícios frente aos desafios de produção com eficiência (HEISE, 2004).

A Colonização cultural se dá pela desconstrução da identidade cultural de uma região ou nação. As alterações culturais de um grupo de indivíduos se processam de forma subliminar através principalmente dos meios de comunicação, fazendo com que os aspectos que os identificam sejam menosprezados, tendo como consequência a perda de parte dos seus bens culturais. Em contrapartida movimentos culturais surgiram, por exemplo na arquitetura, para o resgate e a valorização dos aspectos culturais importantes para uma população ou região.

De acordo com Tzoni (1981) o regionalismo crítico surgiu como resposta aos novos problemas criados pela globalização contemporânea. As formas arquitetônicas regionalistas tradicionais haviam se tornado estáticas e fechadas, até mesmo obsoletas, características que se tornaram mais evidentes com a universalização da cultura, da economia e da tecnologia, bem como com o crescimento das pequenas cidades que se transformaram em núcleos urbanos com grande concentração humana.

Segundo Frampton (1983), o regionalismo crítico propõe uma visão crítica tendo como estrutura fundamental a intermediação de elementos da civilização universal com elementos peculiares de determinado lugar, sem desconsiderar a alta tecnologia.

A arquitetura, dentro deste enfoque, tem como proposta extrair as suas formas de um contexto regional valorizando aspectos peculiares de um lugar, buscando, nos elementos locais da arquitetura e de suas técnicas tradicionais, se contrapor a uma arquitetura universal.

Desta forma a presente pesquisa se insere neste contexto conceitual, pois se há a busca do resgate da técnica da taipa de pilão, há também a possibilidade de

se encontrar o equilíbrio entre a criação de novas propostas e o uso de técnicas tradicionais; entre o econômico e o ecológico, entre o belo e o sustentável.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O TRADICIONAL COMO MATERIAL EFÊMERO

2.1.2 Definições

Segundo o Dicionário Aurélio, a palavra efêmero tem por definição: “adj. que tem pouca duração; que é breve; transitório (MACHADO, 2017)”. A origem da palavra vem do grego, *efemerós*, *que designa aquilo que tem duração de (apenas) um dia* remetendo-nos para uma ideia de algo com existência limitada no tempo. O termo é muitas vezes também associado a uma ação ou evento com pouca repercussão ou com efeito momentâneo (GRAÇA, 2016).

O efêmero implica uma temporalidade fugaz, com uma linha do tempo tão curta que a própria criação admite a destruição (CARNIDE, 2012). O podemos considerar que é algo que sofre a ameaça de um desaparecimento próximo, e percebemos que tudo é temporário comparado com a eternidade. Assim é a arquitetura. Segundo Trigo (2013), a Arquitetura sem local fixo refere-se à Arquitetura efêmera, temporária, transitória, itinerante e leva-nos a questionar qual é realmente o significado e a importância de uma obra que está destinada a desaparecer, contudo, cada vez mais se percebe o crescimento da sua relevância enquanto ferramenta de trabalho crítico, de intervenção e reflexão sobre contemporaneidade e de experimentação arquitetônica. Na Arquitetura efêmera podemos encontrar aspectos distintos na definição de impermanência: quanto a intenção do projeto e quanto à existência deste projeto em determinado local (CHAPPEL, 2014).

É possível ter efemeridade em aspectos menos materiais, portanto menos “arquitetônicos” permitindo um deslocamento do ambiente sensorial. Mesmo que a arquitetura efêmera seja definida por se apresentar às forças da natureza, ela não fica submetida à estas forças. Tanto as obras de arte e como as de Arquitetura podem se expressar através da efemeridade (PAZ, 2015).

Segundo Jorge (2016), a arquitetura e a cidade são consideradas fenômenos de longa duração. Elas são testemunhos ou suportes de temporalidades que, normalmente, transcendem o tempo de uma vida humana. Há um evidente

descompasso entre o tempo de concepção, produção e uso da arquitetura e as demandas tão volúveis da sociedade de consumo. A arquitetura efêmera permite um controle sob a fase pós operacional, prevendo a operação de desmontagem e, portanto, assumindo como previsível a demolição para posterior adaptação às sempre novas necessidades. O objeto arquitetônico é desfeito ou desmontado assim que perde seu significado, mas sem deixar construções. A desconstrução é caracterizada por um processo de desmantelamento cuidadoso, viabilizando a recuperação dos materiais e componentes da estrutura, possibilitando sua reutilização e reciclagem, evitando assim que estes elementos sejam tratados como simples resíduos. (BARRETO, 2017). De acordo com Durmisevic (2006) a combinação da flexibilidade, neste tipo de arquitetura, com a desconstrução pode proporcionar uma construção sustentável. O ciclo de vida de uma construção no contexto do design sustentável, depende das sequências repetitivas (da montagem do objeto arquitetônico à desmontagem). O número de reutilizações que podem ser feitas entre as fases de projeto e desmontagem depende das características técnicas e espaciais da estrutura. Em outras palavras, depende da flexibilidade espacial e técnica da estrutura (BARRETO, 2017).

2.1.3 Características

Trigoso (2013) argumenta que o arquiteto tem o desejo e a necessidade de transcender à sua própria obra por isso a arquitetura é pensada para ser permanente e estável. Entretanto, a perenidade como conceito, é algo variável quando analisamos sob a ação do tempo, pois ele provoca o desaparecimento de obras importantes que poderiam ser consideradas marcos na história humana. Quando há a diminuição da permanência de uma construção a sensação de efemeridade aumenta considerando-se que são consideradas efêmeras as obras arquitetônicas que são planejadas para um determinado tempo de duração.

Os elementos físicos, a unidade entre os ambientes, o comportamento humano incluindo os aspectos intangíveis estão incluídos no estudo dos ambientes efêmeros (PAZ 2014). Pesquisas recentes e de caráter multidisciplinar têm tido como foco o processo dos projetos de construções efêmeras, isto é, aquelas nas quais a arquitetura e o design são específicos para um período de vida curto,

determinado e sujeito a determinadas exposições. (VEIGA, 2014). Segundo Brandão (2003), “o objeto arquitetônico e urbanístico não serve apenas para resolver necessidades práticas, mas também para transformar as pessoas, a sociedade e o contexto real e imaginário no qual se insere”. São necessárias adaptações aos procedimentos exigidos quando há a projeção de um espaço que será transitório. Poder ser desfeito de sua integridade física logo após a sua utilização ou poder ser transportado caracterizam um edifício temporário (PAZ, 2015).

Não é a capacidade de persistir em determinado local que define a Arquitetura efêmera, o que a define é o tempo específico de sua existência (MACHADO, 2017). Infante (2014) propõe que condições de habitabilidade na Arquitetura efêmera estejam presentes, mesmo que transitórias, e que sejam utilizados recursos alternativos, inovadores, de baixo custo no que concerne aos materiais e às tecnologias.

Para Cardine (2012) há um desenvolvimento progressivo na Arquitetura efêmera quanto aos sistemas estruturais considerados simples e constantes atendendo aos requisitos exigidos, e que também possibilitam novos conceitos e um desempenho inovador. A reutilização de materiais, meios de transporte, processos de montagem e desmontagem são implementos considerados pelos arquitetos preocupados com a sustentabilidade por considerarem os impactos ambientais. Para atender às exigências de mobilidade inúmeros investimentos são feitos em estruturas que possibilitem a reutilização ou se necessária a descartabilidade. Considera-se neste caso uma única utilização da estrutura passando pelas fases de construção, uso e demolição (GRAÇA, 2016).

2.1.4 Utilização

Novas possibilidades potenciais dos espaços surgem no uso e ocupação de edificações temporárias. Entre o “efêmero e o “provisório” está localizado o temporário. Algo com vida curta e que não pode ser ampliado é efêmero, enquanto algo provisório pode ser previsto para pouco tempo (vida curta), mas se tornar permanente caso não seja substituído por algo mais duradouro ou eficiente. O

temporário, entretanto, é planejando para ter uma vida curta como o efêmero, mas que terá seu tempo de duração ampliado sem, contudo, ter a característica de precariedade ao realizar uma substituição. O temporário se apresenta como um campo aberto de possibilidades, pois sua limitação temporal permite planejamentos que seriam inconcebíveis para um prazo mais dilatado (FONTES, 2012). Um evento de rua com um território ocupado temporariamente, com uma população, com eventos diversificados das rotinas naturais e uma duração definida pode ser uma utilização da Arquitetura efêmera (PAZ, 2014). Machado (2017) diferencia este tipo de construção portátil efêmera, uma vez que ela pode ser deslocada de um lugar ao outro de uma construção efêmera não portátil, como os iglus.

A eficiência de muitas construções temporárias, não transportáveis, reside na assimilação dos materiais de que serão construídas, como ocorre nas *yarangas* dos Koryak e Chukchi (FIGURA 1), populações nômades siberianas, como os iglus dos *inuit* (conhecidos como esquimós) (FIGURA 1); os *goathl*, abrigos cônicos exclusivamente de madeira ou de grama e madeira dos *sami* (conhecidos como lapões) (FIGURA 1); ou abrigos modernos para refugiados, que empregam a terra, entendendo que esta é matéria-prima de distribuição bastante mais generosa do que outros materiais. Não raro o tempo é uma questão vital (PAZ, 2015).

FIGURA 1 - YARANGAS , IGLUS e GOATHL



FONTE:Chukchi Art (2011), Iceland (2018),Povo Sami (2012)

Para eventos e exposições os pavilhões temporários são construções efêmeras que permitem experimentações construtivas. Por ensejar múltiplas possibilidades à fabricação digital, pelo seu caráter experimental e interativo este é um estudo privilegiado para que sejam criados novos paradigmas para ocupação de

espaços públicos e novas formas conceituais em Arquitetura. A tipologia do pavilhão é um aspecto ainda pouco explorado no Brasil apesar de na arquitetura contemporânea sua utilização ser recorrente sob o prisma da construção experimental. Ao se investigar novas técnicas, novos materiais, novas formas, o pavilhão temporário configura-se como um “laboratório criativo” entre as diversas tipologias arquitetônicas (QUINTELLA et al., 2016). Do ponto de vista tectônico, Quintella ainda considera que “cabe investigação da utilização de materiais adequados à arquitetura efêmera com relação a rapidez de montagem, as técnicas de encaixe e as possibilidades de reutilização do material após a desmontagem.

A Arquitetura efêmera tem apresentado atualmente um crescimento significativo no que se refere às utilidades e possibilidades de seu uso. A efemeridade e o temporário são ferramentas fundamentais para edificações provisórias, construções performativas, objetivando demonstrar claramente a transitoriedade, nas situações emergenciais ou intervenções necessárias em espaços públicos (TRIGOSO, 2013).

2.2 ARQUITETURA DE TERRA

A terra é um material entre muitos outros que possui características e propriedades que lhe confere vantagens e desvantagens quando utilizada na construção de edifícios. Arquitetura de terra é como se denomina as construções urbanas, domésticas e monumentais que utilizam terra crua como elemento principal em diversas possibilidades (CHIAPPERO e SUPISICHE, 2003). A busca por este tipo de construção tem crescido nas últimas décadas devido à preocupação com a energia e o meio ambiente.

2.2.1 Histórico

A arquitetura de terra foi trazida ao Brasil pelos primeiros colonizadores portugueses; os índios não utilizavam esse tipo de técnica (PISANI, 2004). Foram os jesuítas que ensinaram ao povo indígena esta técnica para construir igrejas, dormitórios, capelas e mosteiros (VAN EIJK e SOUZA, 2006). Os negros trazidos ao

Brasil também utilizavam de processos construtivos que utilizavam terra (PISANI, 2004). Segundo Schimidt (1988) em épocas passadas, no Brasil, raramente se construía com tijolos, ainda menos em cantaria; levantam as paredes com duas filas de fortes 26 mourões ou gradeados, entre os quais se calça o barro (casas de taipa), sistema muito parecido com o *pisé* francês.

As construções tradicionais do período colonial brasileiro foram produzidas em sistemas construtivos que utilizavam terra crua e madeira, por vezes, pedra em suas fundações, isto por influência da colonização portuguesa e pela abundância do material (PINHEIRO et al., 2016).

As técnicas de construção com terra crua mais utilizadas no Brasil eram a taipa de pilão e a taipa de mão ou pau-a-pique. A taipa de pilão era destinada a edifícios públicos devido a necessidade de muitas pessoas e esforços para sua execução. Para dar “liga” na mistura de terra e tornar mais resistentes as paredes era utilizado óleo de baleia (SILVA, 2000).

2.2.2 Características

Ainda existe o preconceito de que a terra crua nas edificações é apenas utilizada por camadas sociais de baixa renda, mas as inovações atuais estão mudando essa percepção, uma vez que este material pode ter excelente qualidade e até mesmo uma nova aparência (JALALI e EIRES, 2008).

São considerados benignos todos os materiais naturais desde a extração até a desintegração, numa análise ecológica os materiais confeccionados com terra são assim considerados pois provocam menos alterações no meio ambiente considerando-se todo o processo de fabrico que vai da extração, fabricação, uso e reciclagem; por ser a terra um material abundante que dispensa o transporte, normalmente a terra utilizada, mas construções é do próprio local (BERGE, 2009).

Em suas pesquisas, Silva (2000) constatou que a condutividade térmica das paredes de terra crua corresponde à metade da das paredes feitas de tijolo cozido, e que “para se obter o mesmo índice de isolamento térmico em paredes construídas com esses materiais é necessária uma espessura de, por exemplo, 9,5 cm para uma

parede de tijolo de barro cru e 19,8 cm para uma parede de tijolo cozido”. Isto significa que, para uma mesma resistência térmica, as paredes de terra crua resultariam em fechamentos mais esbeltos e leves. Além disso, com a adição de fibras vegetais à argamassa de barro (para confecção das paredes) o isolamento térmico aumentaria ainda mais. Outro item de vantagem diz respeito à capacidade térmica das paredes de terra: por se tratar de material mais denso, utilizado de modo maciço e sem vazios, e com espessuras maiores, é maior que na construção com tijolos, conferindo aos edifícios o que chamamos coloquialmente de inércia térmica.

Um aspecto relevante relaciona-se com o desempenho acústico. Como o piso e as paredes de terra são porosos eles absorvem o som com maior facilidade, ao contrário de pisos e paredes lisos, nos quais há reflexão do som. Esta mesma porosidade é fundamental para outro fator positivo: as trocas gasosas. A renovação do ar nas casas de terra crua cujas paredes não receberam nenhum tratamento selante, como revestimentos cerâmicos ou pintura, é uma consequência da sua capacidade de “respirar”, ou seja, permitir a passagem do ar (SILVA, 2000).

Para aumentar a coesão da terra é usual o acréscimo de cimento ou betume, entretanto, a terra pode ser usada em seu estado natural. A coesão objetivada com os estabilizantes visa unir firmemente as partículas de terra, evitar que encolham como também reduzir a permeabilidade à água. Se a estabilização foi realizada com cimento ou cal se faz necessário que sejam utilizadas imediatamente. As limitações da terra como material estrutural em uma construção obrigam que se prepare uma boa mistura, que as paredes sejam espessas possibilitando que sua resistência à compressão que é baixa seja aumentada consideravelmente (BERGE, 2009).

A construção com terra crua traz algumas desvantagens como não ser um material de construção padronizado apresentando variações na sua composição, resistência, texturas e cores. É um material permeável, o que implica na necessidade de proteção das construções com detalhes arquitetônicos ou camadas de proteção (PISANI, 2004). Podem ainda ter o seu isolamento aumentado misturando-se à terra quantidades de pellets de argila expandidos, palha ou fibra de madeira (BERGE, 2009).

Os materiais de fundação para construções de terra são de pedra, terra misturada com cimento Portland, blocos de argila expandida leve ou concreto. As fundações são construídas pelo menos 40 cm acima do nível do solo, de modo a não serem molhadas pela chuva e são tão largas quanto a parede de terra, geralmente cerca de 40 cm (BERGE, 2009).

A incorreta proteção das paredes e rebocos executados inadequadamente são as causas de infiltrações, tornando-se assim a maior ameaça às construções com terra (CARVALHO e LOPES, 2012), pois a presença da umidade nas construções de terra é um fator determinante para a sua deterioração. (EIJIK e SOUZA, 2006). Para que as infiltrações não ocorram, as construções são executadas acima do nível do terreno, uns 40 cm acima e possuem fundações de pedra. As aberturas de vãos são feitas com escoras de pedra ou madeira. Esse tipo de construção criava pequenos nichos que podiam ser ocupados por exemplo com “conversadeiras” (FIGURA 2) (MENDES et al, 2007).

FIGURA 2 - CONVERSADEIRAS



FONTE: Assim mesmo (2006)

2.2.3 Técnicas construtivas

As tecnologias de construção com terra, tanto no nível técnico como no científico, podem ser comparadas a qualquer outra tecnologia de construção.

Segundo Houben e Guillaud (1994) para se construir com terra é preciso conjugar duas condições básicas: "... existir matéria prima em abundância e haver conhecimento completo das técnicas de construção".

Dentre as tantas técnicas de construção com terra crua que são utilizadas ao redor do planeta, o adobe e a taipa são os que mais se destacam (JALALI e EIRES, 2008). São ao todo 12 técnicas de construção que utilizam terra como produto principal e estão classificados em relação à plasticidade da terra para aplicação na construção:

a) Escavar: Esta técnica consiste em cortar o terreno aproveitando o solo para dimensionar o ambiente/cômodo (GATTI, 2012) (FIGURA 3).

FIGURA 3 – TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO COM TERRA: ESCAVAR



FONTE: Ecology in Architecture design

b) Cobrir: a estrutura da construção é coberta com terra regulando a temperatura interna devido à inércia térmica (GATTI, 2012) (FIGURA 4).

FIGURA 4 – TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO COM TERRA: COBRIR



FONTE: Ecoarquitectura Gabi Barbeta

c) Preencher: Pneus cheios de terra revestidos por camada de argila (GATTI, 2012) (FIGURA 5).

FIGURA 5 – TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO COM TERRA: PREENCHER



FONTE: Rural Studio – Yancy Tire Chapel

d) Cortar: Essa técnica consiste em construir blocos de terra que são diretamente cortados do solo (GATTI, 2012) (FIGURA 6).

FIGURA 6 – TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO COM TERRA: CORTAR



FONTE: Magnus Mundi – tijolos Burkina faso

e) Compactar: duas técnicas que utilizam a compactação: a taipa de pilão e o BTC (bloco de terra comprimido). A primeira técnica compacta terra no interior de fôrmas criando paredes monolíticas e a segunda técnica compacta terra com prensas manuais ou mecânicas fabricando tijolos de terra crua (GATTI, 2012) (FIGURA 7).

FIGURA 7 – TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO COM TERRA: COMPACTAR



FONTE: Prensa manual blocos/ JPN – Universidade do Porto (2012)/ Ecivil – taipa de pilão

f) Moldar: A terra é moldada com a mão para construir paredes que geralmente são finas (GATTI, 2012) (FIGURA 8).

FIGURA 8 – TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO COM TERRA – MOLDAR



FONTE: archdaily - Casas Musgum (2014)

g) Empilhar: É uma variante pobre do adobe, são moldados à mão, colocados ou empilhados como uma alvenaria, mas sem argamassa (FIGURA 9).

FIGURA 9 – TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO COM TERRA – EMPILHAR



FONTE: Minke (2006)

h) Modular: Blocos de terra produzidos manualmente ou mecanicamente em moldes e secos ao ar livre. São os adobes (FIGURA 10).

FIGURA 10 – TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO COM TERRA: MODULAR



FONTE: Picorelli, 2013

i) Extrudar: a terra passa por uma máquina extrusora com pressão para sair tijolos ou um bloco monolítico (FIGURA 11).

FIGURA 11 – TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO COM TERRA: EXTRUDAR



FONTE: Auroville Earth Institute

j) Dar forma: técnica que consiste em modelar uma estrutura com argila (FIGURA 12).

FIGURA 12 – TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO COM TERRA: DAR FORMA



FONTE: EARTH Architecture, 2008

k) Derramar: a técnica consiste em utilizar terra líquida e derramar dentro de uma fôrma e esperar secar (FIGURA 13).

FIGURA 13 – TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO COM TERRA – DERRAMAR



FONTE: Grands ateleiers, Vilefontaine

2.2.4 Utilização

De acordo com Berge (2006), os materiais de terra podem ser usados nas paredes e no chão. Nas superfícies de parede, os produtos de terra são usados principalmente como rebocos aplicados em alvenaria ou concreto. Projetado para ser construído para a Expo Zaragoza 2008, o pavilhão representou o vigor e a capacidade da sociedade de inovar face aos desafios impostos pela água. O edifício

FIGURA 14 - EXTERIOR E PLANTA PAVILHÃO

O uso externo de tais emplastos não é normalmente recomendado em climas frios, a menos que seja possível garantir uma cobertura suficiente e um bom revestimento de superfície. No ambiente interno, a terra não é um problema, desde que não esteja exposta a condições úmidas contínuas. Sua qualidade mais importante é uma alta capacidade de retenção da umidade com alta durabilidade e flexibilidade às mudanças, reparos e desmontagem (BERGE, 2009).

36

2.2.5 Inovação

Para Jalali e Eires (2008) a inovação nesse tipo de construção consiste, sobretudo, no “desenvolvimento de soluções de estabilização do solo que trazem melhorias significativas em termos de durabilidade, economia, sustentabilidade e estética à construção em terra”.

Em entrevista, o arquiteto brasileiro pioneiro na utilização do que chama “taipa contemporânea”, Marcio Vieira Hoffmann (2018), buscou unir ao sistema construtivo popular em zonas rurais, tecnologias para agregar mais qualidade às paredes de terra, utilizando todas as técnicas em busca de alto desempenho a favor do meio ambiente. A matéria-prima natural, a terra, passa por uma seleção no laboratório de solos da Universidade de São Paulo (USP) e todas as etapas são monitoradas para garantir a essência e a qualidade do produto. Originalmente muito artesanais, as técnicas da taipa e do pau a pique, precisam passar por modernizações nos seus processos com a implementação de mecanismos tecnológicos para aumentar a qualidade (PESSOA, 2018) (FIGURA 15).

FIGURA 15 – TAIPA DE PILÃO CONTEMPORÂNEA



FONTE: Cruzeiro do sul, 2018 – Taipal

A Prefeitura de Conde, na Paraíba, recebeu vários projetos como resultado do Concurso de Projeto de Arquitetura e Urbanismo para a Nova Unidade Básica de Saúde de Gurugi. Foram mais de 160 projetos de todo o país. A proposta era elaborar uma intervenção em uma área de aproximadamente 600 metros quadrados.

O objetivo do concurso foi selecionar a proposta de projeto que apresentasse as melhores e mais adequadas soluções técnicas, funcionais, espaciais e de conforto ambiental para a construção da Unidade Básica de Saúde Quilombola do Gurugi. Algumas propostas utilizaram materiais locais e técnicas de construção conhecidas da população local, como a taipa de pilão nas paredes (BARATTO, 2019) (FIGURA 16).

FIGURA 16 – PROJETOS UBS GURUGI



FONTE: Archdaily, 2019

O escritório de Renzo Piano é responsável pelo Centro de Cirurgia infantil em Uganda. O projeto procurou atender as exigências práticas do programa hospitalar com um projeto que fosse "racional, tangível, moderno, belo e firmemente ligado à tradição", tornando-se um símbolo da importância da promoção da saúde em Uganda. Adequando-se à topografia do local, as paredes e os caminhos formam terraços sobre os quais está sendo erguido o hospital. Paredes de terra criam uma unidade entre o lago, parque e ambiente hospitalar interno, resultando em uma continuidade espacial entre interior e exterior. Para construir o hospital, a equipe está empregando a técnica taipa de pilão, que não apenas reutiliza o solo escavado, mas também ressignifica uma técnica que é “associada pela maioria das pessoas a

um passado de pobreza que precisa ser esquecido”. A técnica usa uma mistura de terra, areia, cascalho e água que é comprimida dentro de formas de madeira ou metal. O material disponível no local dispensa o uso de cimento ou de trabalhadores especializados (WALSH, 2019) (FIGURA 17).

FIGURA 17 – CENTRO DE CIRURGIA INFANTIL EMERGENCIAL EM UGANDA



FONTE: Archdaily, 2019

Hoje na indústria da construção existem diferenças importantes com respeito ao contexto em que a técnica da taipa de pilão se tornou popular: requer-se rapidez e qualidade, mas se perdeu a memória de como construir. A técnica da taipa de pilão é um processo de aprendizagem entre gerações e para a sua preservação, é necessária a divulgação para perpetuar o “saber fazer”.

Busca-se o resgate de técnicas milenares através de representação de elementos regionais, mas de forma diferenciada. Não há propriamente uma proposta de reviver a cultura local de forma nostálgica, mas sim o emprego de técnicas regionais em proposta inovadoras e principalmente sustentáveis, quando o mundo vive um agravamento da crise ecológica.

2.2.6 A técnica da taipa pilão

2.2.6.1 Processo e história

Entre as técnicas de construção com terra, a terra compactada ou comprimida, ou taipa de pilão (Brasil) é uma das mais importantes. Recebe essa denominação por ser apiloada (socada) com uma mão de pilão. O molde que monta a estrutura e suporta a terra durante a compactação é chamado de taipal.

Segundo Jalali e Eires (2008), a taipa de pilão é uma técnica de construção de blocos monolíticos utilizando um solo com aspecto de terra úmida. São solos específicos pra essa técnica que são lançados no interior de duas fôrmas de madeira e compactados. Essa fôrma também é conhecida como taipal. Normalmente encontra-se esta técnica em lugares áridos. É uma técnica que exige conhecimento do processo como um todo incluindo a execução das fôrmas, a correta forma de compactar, a preocupação com a base e a proteção de cobertura para evitar infiltração da água.

Para Van Eijik e Souza (2006), a taipa de pilão é considerada uma construção autoportante formada por uma massa de terra homogênea. É classificada como um conjunto monolítico por atingir sua resistência através do apiloamento. Já para Gomes et al (2014), o termo taipa de pilão se refere tanto ao material (uma mistura de areia, silte e argila) quanto ao procedimento da construção por meio do qual, paredes são construídas usando terra compactada em camadas, entre formas. O uso desta técnica requer a existência de solos apropriados. A seleção e a preparação de um solo apropriado são críticas para um bom desempenho da técnica de terra compactada.

2.2.6.2 Técnica de produção

A terra compactada tem sido usada como material de construção em substituição a materiais que causam impacto ambiental. O material do solo que é adequado ao cultivo não é adequado para a construção, pois contém organismos e ácidos úmidos que têm efeitos negativos na construção de terra (BERGE, 2009).

Uma dificuldade da terra compactada são os limites rígidos com relação à retração para eliminar as fissuras. De acordo com Maeder (2017), a melhor opção é um solo arenoso com 15% de argila na sua composição. Muitas vezes adiciona-se cimento ou cal hidratada para melhorar a durabilidade e para o controle de retração. Contudo, nem sempre é necessário, já que muitas estruturas bem sucedidas foram construídas sem tais aditivos. Para Van Eijik e Souza (2006) o acréscimo de cal à mistura de terra compactada serve para melhorar a resistência do bloco monolítico

com relação às intempéries, mas pode causar aumento da resistência à compressão. De acordo com Minke (2006), o acréscimo de cal fará com que a umidade ótima aumente e a massa específica diminua.

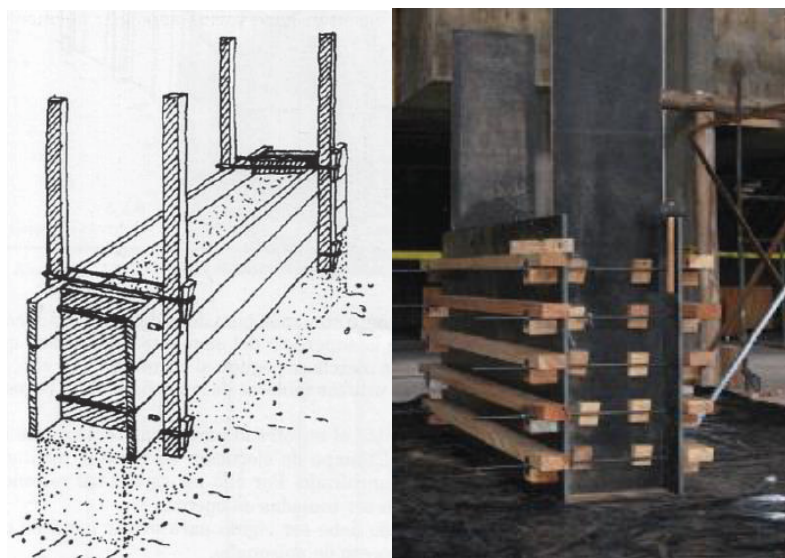
Segundo Berge (2009), o solo precisa conter alta concentração de areia ou saibro, argila suficiente para agir como ligante e um pouco de lodo, para se conseguir uma compactação ideal. Há uma concordância entre os limites dos elementos do solo. A porcentagem mínima de argila e saibro deve ser entre 20% e 25% e a máxima entre 30% e 35%. A porcentagem mínima de areia fica entre 50 e 55%, enquanto que a máxima entre 70% a 75% (WALKER et al. 2003). Segundo Chiappero e Supisiche (2003), a composição para a taipa em construções na Argentina é 5% de argila, 5% de limo e 90% de areia. Em qualquer região ou lugar, o conhecimento sobre qual é a melhor porcentagem depende da tradição, do conhecimento local e das mesclas utilizadas em busca de um produto melhor. A areia dá resistência à mistura e a argila dá liga aos grãos.

Quanto à quantidade de água, esta deverá ser tal que torne a mistura nem muito úmida e nem muito seca (SILVA, 2000). De acordo com Van Eijik e Souza (2006), para se testar a umidade ótima da mistura é necessário fazer um teste apertando uma porção desta mistura, formando um “bolinho” e deixa-lo cair de uma altura de 1 m quebrando-se em várias partes

Segundo Minke (2006), a técnica da terra compactada consiste de terra úmida fragmentada lançada entre as fôrmas de madeira. Esta terra é compactada por batidas fazendo camadas de 15 cm a 18 cm de altura. Após a execução de cada camada, é necessário retirar o excesso de umidade para que a próxima camada seja feita e assim sucessivamente até atingir a altura pré-estabelecida pelos moldes de madeira.

Os moldes normalmente usados consistem de duas paredes separadas e interconectadas por espaçadores. (FIGURA 18). Quando a primeira camada está pronta, a próxima camada é iniciada, e assim por diante até as fôrmas estarem completas. As hastes são então puxadas para fora e as fôrmas retiradas. A cada movimento, é necessário verificar se as formas estão exatamente verticais (BERGE, 2009).

FIGURA 18 - FÔRMAS



FONTE: Minke (2006) e André Heise (2004).

Para a construção da terra compactada, a terra precisa estar suficientemente seca para que as formas sejam retiradas após a compactação sem danificar a parede e o encolhimento ser o menor possível para evitar fissuras (BERGE, 2009). Normalmente, compactadores manuais são usados para compactação, mas ultimamente compactadores pneumáticos estão sendo usados (FIGURA 19). A compactação dinâmica usando ferramentas manuais ou calcadeiras de força não só comprime o solo, mas também vibra as partículas individuais do solo mudando-os para dentro de um arranjo mais firmemente embalado (WALKER et al., 2003). Os sistemas de moldes e compactadores elétricos ou pneumáticos reduzem o trabalho de compactação significativamente. A comparação com outras técnicas com terra, a taxa de retração da parede compactada é muito menor e a força muito maior, fornecendo a vantagem de uma longa vida (MINKE, 2006).

FIGURA 19 - COMPACTADORES MANUAIS (ESQUERDA) E PNEUMÁTICOS (DIREITA)

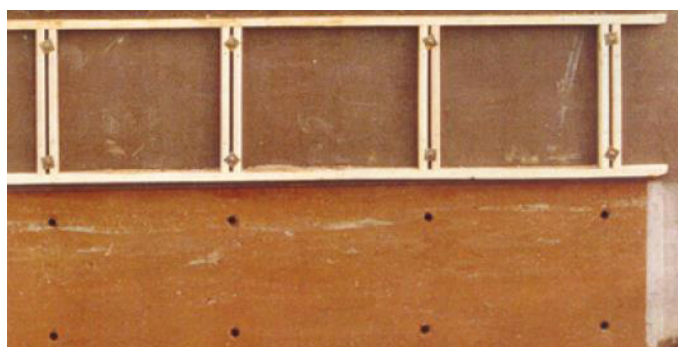


FONTE: Mu et al. (2012) E Lanying Mechanical Technology (2018).

Quando quantidade mínima de vazios e a concentração máxima de argilas foi atingida através da compactação, um som metálico característico é emitido e a compactação da camada é finalizada. Dependendo do projeto da parede, o tipo do solo utilizado e as condições climáticas do local da construção, o tempo de cura das paredes de terra crua podem variar entre 3 e 6 meses (PISANI, 2004).

Quando a compactação está terminada, os furos (FIGURA 20) feitos pelas hastes são preenchidos com tijolos esmagados ou agregados de argila expandida misturados com uma argamassa à base de cal ou argila (BERGE, 2009).

FIGURA 20 - FUROS FEITOS PELAS HASTES



FONTE: André Heise (2004)

Quando compactado por máquina, podem ser feitas camadas de 13 a 15 cm e deve-se começar compactando pelo meio até às bordas. Este é aproximadamente

dois terços do volume de terra solta original. Quando compactada manualmente é aconselhável uma espessura de camada não superior a 8 cm (BERGE, 2009). De acordo com Walker et al. (2003), após o processo de construção, a parede será curada por substâncias no ar e, eventualmente, pode tornar-se quase tão dura quanto o concreto.

Paredes de terra compactada frequentemente têm uma aparência em camadas inconfundível como resultado do processo de construção, correspondendo à compactação do solo em sucessivas camadas dentro das formas. As faces internas às vezes são acabadas com gesso. Se tal revestimento não for aplicado, a parede deve ser tratada com um impermeabilizante transparente e penetrante para evitar a poeira da terra (WALKER et al. 2003).

Barras de aço usadas como reforço são colocadas na fundação e às vezes nas paredes (FIGURA 21).

FIGURA 21 – BARRAS DE AÇO NA FUNDAÇÃO



FONTE: Terra Compacta (2012).

Madeiras compensadas são usadas para fazer os moldes. Esses painéis de madeira compensada (FIGURA 22) têm uma das faces lisas e funcionam bem porque se soltam mais facilmente da parede de terra compactada após a construção. Isso não só deixa um acabamento limpo na parede, como as placas de compensado podem ser reutilizadas (WALKER et al. 2003).

FIGURA 22 - PAINEIS COMPENSADOS



FONTE: Terra Compacta (2012).

2.2.6.3 Atualidades e utilização

Um hotel de cinco andares foi concluído início do ano de 2017 na Austrália. As maiores inovações na técnica são feitas na Austrália, França e Áustria. Na Nova Zelândia, a terra compactada é a técnica de construção de terra mais popular ao lado do tijolo de adobe e da construção de tijolos de solo cimento (MAEDER, 2017).

A terra compactada é uma forma de construção com terra não cozida, usada principalmente para construir paredes. Outras aplicações incluem pisos, telhados e fundações. Recentemente também foi usado para mobiliário, ornamentos de jardim e outras finalidades (WALKER et al. 2003).

Segundo Minke (2006), Entre as inovações utilizadas está o compactador de ar comprimido, aparelho que assenta um metro cúbico de terra em duas horas (um homem demora em média 30h para fazer o mesmo trabalho). Também há uma máquina vibradora, que nada mais é do que uma placa que assenta o barro através de movimentos repetidos.

A galeria ii em Honolulu, Havaí expôs a instalação do arquiteto Sean Connolly, uma escultura temporária de terra feita com 14.000 kg de solo vulcânico e areia de coral. A estrutura resultante é um prisma de 18 cm x 10 cm x 23 cm

(AxLxP). Leva a geometria a um novo nível, onde a escultura apresentou uma única superfície inclinada que se alinha com a posição do sol e da lua em uma data específica no Havaí. A estrutura utiliza dois dos materiais mais valorizados no Havaí: terra e areia, para poder falar sobre o estado do declínio ambiental que se encontra. É uma escultura que lentamente se desfaz - a terra exaurida por manter-se no lugar por tanto tempo (EARTH PRISM, 2013) - (FIGURA 23).

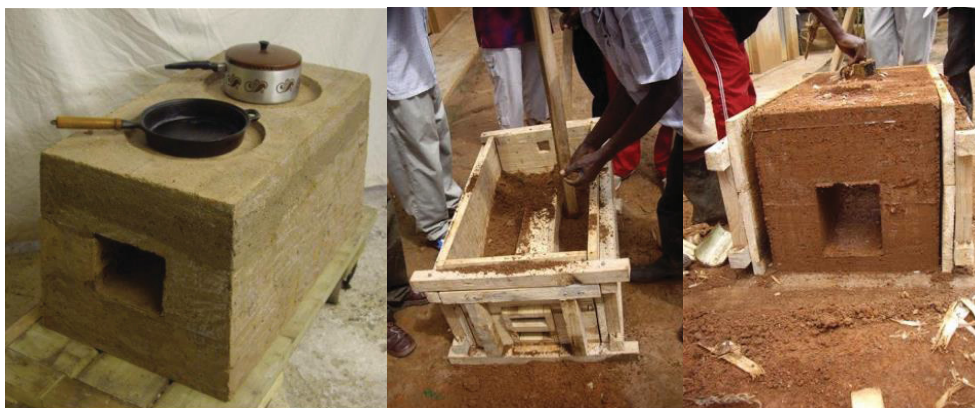
FIGURA 23 - EARTH PRISM



FONTE:Earth Prism (2013)

A *East Africa Trust*, uma instituição de caridade que apoia comunidades na África Oriental, promove a autossuficiência e a sustentabilidade no Malawi, Quênia, Tanzânia, Ruanda, Moçambique e além através da construção de fogões de terra. As fôrmas para fazer os fogões são de madeira resistente e duas pessoas podem fazer um fogão de terra compactada em menos de duas horas. A mistura de terra não leva cimento na sua composição, e mesmo assim a estrutura de terra não se parte, por ser compactada (RAMMED EARTH IS FOR EVERYONE, 2010) - (FIGURA 24).

FIGURA 24 - RAMMED EARTH STOVE



FONTE: Rammed earth is for everyone (2010)

“Não há nada de novo sob o sol” foi a instalação composta de terra compactada criada para a Bienal de Veneza de 2012. A instalação foi feita junto ao evento “Sinais do século e futuros passos”. O trabalho envolveu muitos participantes, demonstrando simultaneamente o processo de fabricação e uma discussão sobre questões de tradição, contemporaneidade, território e ambiente construído. Foram utilizadas 3,5 toneladas de terra para a instalação.

A instalação sugeriu ao observador como a arquitetura depende da questão do território, da energia e dos recursos. A ideia principal da instalação foi mostrar como os sistemas tradicionais de construção dependem da tradição oral ou da transformação do conhecimento para evoluir e sobreviver através da terra, material básico de construção e usado em todo o mundo. Além disso, o uso da terra demonstrou a noção plástica que evoca o ato de compactar a terra do solo para moldá-la em novas formas sem interferir em suas capacidades materiais (FIGURA 25).

FIGURA 25 – INSTALAÇÃO



FONTE: Rammed Earth at Bienale di Venezia (2012)

A empresa Terra Compacta, que fica no interior de São Paulo, executa objetos decorativos em taipa de pilão (FIGURA 26), mas seus objetos são executados em TEC (terra estabilizada compactada), ou seja, sua composição possui 10% de cimento.

FIGURA 26 VASO DE TAIPA DE PILÃO



FONTE: Terra Compacta (2014)

2.2.6.4 Vantagens

Segundo Pessoa (2018), em entrevista com o arquiteto Marcio Vieira Hoffmann da empresa Taipal à revista Cruzeiro do sul sobre a volta das construções com terra, este afirma que a taipa de pilão permite um menor custo com logística se comparada à técnica do adobe, pois somente a terra é transportada até o local da construção, já no caso do adobe, este precisa ser moldado e cozido ao sol podendo gerar mais desperdício e que os sistemas construtivos com terra crua também ganham em eficiência térmica e universalidade, uma vez que são compatíveis com grande parte das obras.

Neves (2011) argumenta que a taipa de pilão pode responder positivamente às demandas do atual cenário apresentando baixo consumo de energia no processo de produção; não necessitar de transporte da matéria-prima; e ser um material reversível, pois após demolição, as paredes podem voltar ao seu estado original.

Casas construídas de terra compactada têm várias vantagens: as paredes são a prova de fogo, podridão e impermeáveis aos cupins. As paredes sólidas (45-60 cm) de espessura são quase insonorizadas. Estas ajudam a manter a temperatura confortável dentro da casa, amortecendo balanços de temperatura que normalmente ocorrem em dias quentes de verão ou noites frias de inverno. Quando projetada e orientada para tirar o melhor proveito da energia solar, uma casa de terra batida pode ser confortável com 80% menos de consumo de energia do que uma casa de *woodframe*. Por outro lado, a construção inicial é 5% mais cara do que uma construção de madeira, devido ao processo de execução. WALKER et al., 2003). Mesmo com uma pequena desvantagem na etapa pré-operacional, há este melhor desempenho durante a vida útil e ao final dela a vantagem de a casa em taipa de pilão ser desmontável. Assim, é provável que em uma análise de ciclo de vida, a taipa de pilão se mostre vantajosa.

3 MÉTODOS DE PESQUISA

3.1 DESIGN SCIENCE RESEARCH

Objetivando criar soluções para problemas surgidos o “Design Science” procura desenvolver um conhecimento que seja confiável e válido. Para tanto realiza pesquisas que permitam compreender os problemas de construção ou melhoria através de descrições, explicações e previsões bem como o estabelecimento das propriedades dos materiais que serão utilizados (VAN AKEN, 2004).

Segundo Çagdas et al. (2010), um método científico pode ser definido como um sistema de regras e procedimentos explícitos nos quais a pesquisa é baseada. Este método pode ser visto como uma diretriz para uma *Design Science Research* eficaz. As etapas da metodologia em Design Science Research são: 1) Identificação do problema, onde deve ser definida e justificada uma solução para o problema, demonstrando conhecimento do atual estado da arte e da relevância do problema identificado; 2) Definição dos objetivos para a solução a partir da definição do problema e do conhecimento do que é possível e viável; 3) Design e desenvolvimento, etapa em que os artefatos são criados e podem ser conceitos-construtos, modelos, métodos, instanciações ou novas propriedades de recursos técnicos, sociais e / ou de informação; 4) Demonstração através do uso do artefato em experimentação, simulação, estudo de caso, prova ou outra atividade apropriada para resolver o problema; 5) Avaliação, etapa na qual se observa e mede quão bem o artefato suporta uma solução para o problema e que envolve a comparação dos objetivos de uma solução para os resultados observados através do uso do artefato na demonstração metodológica. Objetiva-se viabilizar um material de menor impacto ambiental com originalidade e amior contribuição de mão de obra qualificada; 6) Comunicação, etapa que refere-se à disseminação do novo conhecimento obtido pela pesquisa em termos de dissertações ou artigos de periódicos.

Bax (2014) argumenta que, no paradigma Design Science Research, o conhecimento e a compreensão de um domínio do problema e sua solução são alcançados durante a construção e uso de um artefato projetado e que a “Design Science Research” envolve construir, investigar, validar e avaliar artefatos tais como construtos, arcabouços, modelos, métodos e instâncias de sistema de informações, a fim de resolver novos problemas práticos.

Para Hevner (2007) a “Design Science Research” pode ser vista como uma conjunção de três ciclos reguladores de atividades relacionadas. Para o autor há o “ciclo de relevância”, o “ciclo de rigor” e o “ciclo central”. No “Ciclo de relevância” tem início a pesquisa visando a aplicação, para tanto são fornecidos os elementos básicos requeridos e também são definidos os critérios de aceitação para a avaliação dos resultados desta pesquisa. No “ciclo de rigor” o conhecimento científico utilizado no projeto de pesquisa visando sua inovação, parte de uma investigação abrangente para que seja possível garantir que o novo produto não seja baseado na utilização de processos já conhecidos nem projetos de rotina, mas que eles sejam efetivamente contribuições relevantes de pesquisas efetivas. No “ciclo central” há a repetição dos processos de pesquisa e das atividades envolvidas na construção e avaliação dos produtos de design.

Os artefatos são o cumprimento de um propósito, ou adaptação a um objetivo. Os artefatos são formados por três elementos: o propósito ou objetivo; o caráter do artefato; e o ambiente em que ele funciona. Estes podem ser de acordo com o QUADRO 1 a seguir:

QUADRO 1 - TIPOS DE ARTEFATOS

Constructo	Usado para descrever problemas Usado para especificar soluções Define os termos Valiosos para designers e pesquisadores
Modelo	Conjunto de proposições Representa solução como problema Representações de como as coisas são Captura a estrutura da realidade
Métodos	Algoritmo ou orientação Conjunto de constructos Etapas do método podem usar modelos Usados para traduzir um modelo Criações típicas de design science
Instaciação	Concretização do artefato em seu ambiente Operacionaliza constructos, modelos e métodos Demonstra a viabilidade e a eficácia dos modelos e métodos

FONTE: a autora, adaptado de Lacerda et al (2013).

Segundo Lacerda et al., (2013), a Design Science é composta pela construção e pela avaliação. A primeira etapa, a construção tem um objetivo específico para a confecção de um artefato. A avaliação tem por objetivo verificar a validade do desempenho do artefato como solução desejada. Para esta validação há

um processo rigoroso de tal forma que demonstre que o comportamento do objeto em questão, no ambiente em que foi projetado, demonstre que as soluções que foram projetadas sejam realmente alcançadas.

Para a avaliação do artefato, a qualidade, utilidade e a eficácia do artefato devem ser demonstradas através de avaliação específica, valendo-se do uso de métodos devidamente embasados e reconhecidos pela comunidade científica. A qualidade e utilidade do artefato foram pautadas no uso de informações técnicas levantadas na revisão bibliográfica, somada às informações fornecidas pela palestrante convidada da oficina de taipa de pilão. A eficácia do artefato, por sua vez, foi comprovada através da realização de um protótipo em ambiente interno em que todas as etapas de execução de construção de taipa de pilão para o exterior foram seguidas.

A pesquisa sustentada pelo *Design Science Research* não pode estar preocupada somente com o desenvolvimento do artefato em si. Devem-se expor evidências de que o artefato, efetivamente, pode ser utilizado para resolver problemas reais.

Segundo Santos (2018), Design Science é um método de pesquisa que visa avaliar a efetividade de um artefato como solução de um problema ou categoria de problemas. Dresch (2013) defende que *Design Science Research* é um processo rigoroso de projetar artefatos para resolver problemas

3.2 ESTRATÉGIA DA PESQUISA

Investiga-se neste trabalho através do Design Science Research a possibilidade de um artefato temporário – pensado na desmontagem e montagem em outro lugar de necessidade – seguir o protocolo de construção de ambientes externos podendo ser executado em ambiente interno, com a premissa da reciclabilidade.

3.2.1 Seleção do método e estratégia de desenvolvimento

O presente trabalho utiliza-se da estratégia de pesquisa proposta por Dresch (2015) de Design Science Research.

A Design Science pode ser entendida como a ciência que procura desenvolver e projetar soluções para otimizar e melhorar sistemas existentes, solucionar problemas ou criar novos artefatos (DRESCH, 2015). Analisando a hipótese e o problema da pesquisa, conclui-se que a Design Science é o paradigma epistemológico mais adequado para o desenvolvimento da pesquisa. Esta envolve uma proposição de um novo projeto utilizando as etapas do projeto existente visando a utilização em ambientes internos.

A Design Science Research busca produzir conhecimento na forma de prescrição a fim de apoiar a solução de problema real, ou um projeto, para dar suporte a construção de um novo artefato (DRESCH, 2015).

O trabalho busca abordar a temática da arquitetura temporária em terra crua propondo novos artefatos sobre a temática estudada.

A intenção final desta pesquisa é demonstrar o processo de execução de um objeto em taipa de pilão realizado em ambiente interno e após a demolição, a terra do protótipo pode voltar ao seu estado original bem como servir para a construção de outro protótipo. Com a adição de cimento na sua composição, a ideia de reutilização prejudica a reciclagem da terra.

3.2.2 Unidade de análise

A unidade de análise nessa pesquisa é o processo de construção de artefatos com terra crua em ambientes internos.

3.2.3 Delimitação do trabalho

O presente estudo está restrito à proposição de um artefato.

Não serão feitas avaliações de desempenho da parede com testes de compressão, tração ou cisalhamento. Serão feitas duas avaliações, uma com relação às paredes realizadas durante oficina e outra com relação ao porta-vasos

para plantas. Em uma primeira etapa, as paredes serão comparadas entre si com relação ao uso de cimento na composição e na segunda etapa será a confirmação se os estágios de execução utilizados para construções no exterior atuam adequadamente com construções realizadas no ambiente interno.

Esta pesquisa consistiu no processo de realização de elementos rígidos de terra crua para uso em interiores, contemplando os aspectos de reciclabilidade, descolinização tecnológica e inovação. Esta pesquisa não considera o uso no exterior, o uso de ligantes como o cimento e a cal, a avaliação quantitativa de resistência mecânica tão pouco de durabilidade.

3.2.4 Protocolo de coleta de dados

O presente trabalho aborda o tema da construção com terra crua através da técnica da taipa de pilão sob o paradigma epistemológico “Design Science Research”. Primeiramente, os dados foram levantados de revisão bibliográfica sobre construções com terra crua utilizando a técnica da taipa de pilão desenvolvida em diferentes países, suas alternativas de utilização, as ferramentas antigas e atuais utilizadas nesta técnica, sua composição do traço, uma análise das vantagens e desvantagens e os impactos ambientais, e demais assuntos relacionados ao tema cujos dados foram coletados de livros, periódicos, artigos e sites especializados sobre o assunto de construção com terra, como o Proterra. Posteriormente, é relatada a construção de duas paredes de terra crua durante oficina ministrada no Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná e outro objeto feito após avaliação das paredes, para complementar a pesquisa.

Em uma etapa experimental, foram erguidas duas paredes de terra crua com a técnica da taipa de pilão em um ambiente interno. As orientações da palestrante da Oficina, arquiteta Ana Veraldo, foram seguidas para execução das paredes. A etapa seguinte foi a aplicação de óleo de linhaça como impermeabilizante sobre as paredes.

A última etapa foi a construção de um protótipo de um porta-vasos para plantas em terra crua compactada sem adição de cimento. Nesta etapa foi avaliado se o projeto do porta-vasos atendeu as expectativas com relação às etapas de

execução e se a estrutura do porta-vaso é autoportante, condição da estrutura após a compactação. Após essas avaliações, o protótipo foi demolido para que ao adicionar água à terra, outro objeto pudesse ser construído num ciclo ininterrupto de reciclabilidade.

3.2.5 Validação do método

De acordo com Dresch (2015), os artefatos elaborados, projetados a partir de uma pesquisa fundamentada em design são a prova de sua validade. Devem ser capazes de provar que têm condições de atingir os objetivos estipulados, em outras palavras, que satisfazem plenamente as suas funções. Em Design Science Research, caracteriza-se como fonte de validade um conjunto de procedimentos para garantir que os resultados gerados pelo artefato provêm do ambiente interno projetado e do contexto externo para qual foi desenvolvido para operar. A validade pragmática é verificada com o teste se o artefato serve para aquilo que se propôs, isto quer dizer, se o processo de construção de taipa de pilão no interior segue as mesmas etapas que a construção no exterior. Dentro deste contexto, no presente trabalho foi realizada coleta de dados de construções com terra crua utilizando a técnica da taipa de pilão, com ênfase em construção temporária, voltada às construções no interior dos ambientes, e para garantir a validade do constructo as evidências foram extraídas a partir de artigos científicos, livros, documentos, sites de arquitetos, entrevista com arquitetos e projetistas, verificação de portais e periódicos da área, consulta a empresas especializadas

3.3 ELABORAÇÃO DOS ARTEFATOS

Para desenvolvimento desta pesquisa foi utilizada uma abordagem metodológica teórica - prática, baseada em uma ampla revisão bibliográfica e na compilação de conceitos provenientes de textos de diversos autores que abordam a construção com terra crua, a Arquitetura efêmera seguindo as etapas do *Design Science/Design Science Research*. (Dresh, 2013)

No Design Science o público alvo pode ser envolvido na elaboração do artefato, isto é, participando das avaliações necessárias para o aperfeiçoamento artefato. Para isto, é necessário que o pesquisador avalie a efetividade deste artefato, seja de forma virtual, laboratorial ou no campo (SANTOS, 2018).

Esta pesquisa se desenvolveu em três etapas: a primeira etapa se refere ao método de trabalho, a segunda à coleta de dados e a terceira etapa a análise dos dados obtidos.

3.3.1 Testes de identificação dos solos (Teste Carazás)

Durante a oficina de taipa de pilão realizada nos dias 18 e 19 de maio de 2018, o primeiro dia correspondeu à parte oral introdutória e o segundo dia à parte prática que consistiu em uma aula sobre seleção de solos e o teste Carazás, e a execução das duas paredes de terra crua. A oficina contou com a presença de arquitetos e alunos de várias universidades de Curitiba. A parte introdutória aconteceu no CAU PR e a parte prática na estufa do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba.

Na primeira etapa da oficina foi apresentado aos participantes o assunto sobre seleção de solos. Posteriormente, os alunos se dividiram em 5 equipes para a realização do teste Carazás. Durante a realização do teste cada equipe ganhou uma quantidade de terra para trabalhar dentro dos moldes de madeira fornecidos (15 cm x 15 cm). Cada equipe tinha que testar o solo em cinco fases: seco, úmido, plástico, viscoso e líquido seguindo o tabuleiro do teste Carazás (QUADRO 2).

QUADRO 2 - TABULEIRO CARAZÁS

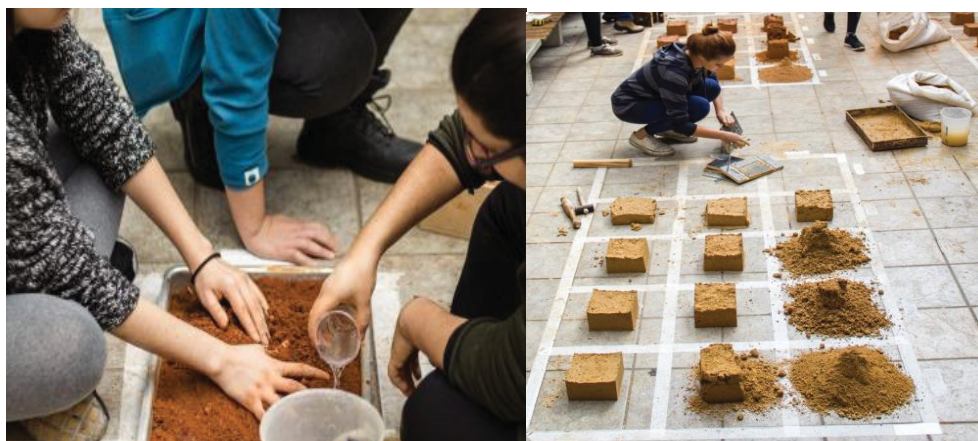
	SECO	ÚMIDO	PLÁSTICO	VISCOSO	LÍQUIDO
PREENCHER					
PRESSIONAR					
COMPACTAR					

FONTE: A autora (2018)

Neste teste foram utilizados três tipos de solos, um vermelho, um marrom e outro amarelo. Duas equipes ficaram com o solo amarelo, outras duas com o solo marrom e a última equipe com o solo vermelho. Nenhum ligante foi utilizado durante o teste.

Os participantes tiveram o primeiro contato com a terra e aprenderam a técnica de compactação e fizeram testes com os solos de acordo com o teste Carazás. Os tabuleiros foram montados no chão da estufa e cada equipe preparou as misturas considerando 3 m³ de terra mais 100 ml de água para o estado úmido, a mesma quantidade de terra mais duzentos ml de água para o estado plástico, 3 m³ de terra mais 300 ml de água para o estado viscoso e a mesma quantidade de terra com 400 ml de água para o estado líquido (FIGURA 27).

FIGURA 27 - TRABALHO COM A TERRA E AMOSTRAS DO SOLO



FONTE: Gustavo Moura (2018)

Os participantes utilizaram as mãos para a fase de pressionar (FIGURA 13) e um compactador manual de madeira fornecido para a fase de compactar, e perceberam a diferença entre compactar somente com as mãos e com o compactador manual. As estruturas depois de desenformadas mostravam bem essa diferença (FIGURA 28).

FIGURA 28 - PREPARO E COMPACTAÇÃO TERRA



FONTE: Gustavo Moura (2018).

O resultado mostrou aos participantes como a terra se comporta com a adição de água em quatro quantidades e qual o melhor estado para a construção das paredes de terra crua (FIGURA 29).

FIGURA 29 - AMOSTRAS E FASES BLOCOS DE TERRA



FONTE: Gustavo Moura (2018).

A fase líquida da terra não foi feita pelas equipes devido a necessidade de limpeza posterior. O teste Carazás foi realizado no período da manhã antes da construção das paredes de terra crua, e se prolongou mais do que o previsto atrasando o início da construção das duas paredes.

Este teste concebido pelo arquiteto Wilfredo Carazas Aedo é importante para o processo pedagógico devido à natureza simples do exercício, que, contribui para o entendimento das técnicas construtivas e facilita ações de conscientização para um público amplo contribuindo pelo direito de construir com terra. Pode ser usado por arquitetos, construtores e engenheiros que promovem a disseminação da construção com a terra, mas pode ser compartilhado por arqueólogos e profissionais ligados à conservação de edifícios históricos com terra, o que será uma ferramenta de apoio para a compreensão das diferentes técnicas e sistemas de construção.

A natureza do exercício permite desenvolver outras variantes ou testes complementares, onde a matéria granular tem um aditivo ou estabilizador natural, como fibras, cal ou outros cimentos naturais, mas é importante notar que este exercício tem a virtude de promover primeiro a abordagem e compreensão da matéria terra, o que torna o construtor possuidor de argumentos construtivos para usá-la propondo alternativas. (AEDO, 2017).

O principal objetivo do exercício do teste Carazás foi que o participante pudesse compreender melhor a importância da natureza da terra, como seus componentes interagem e, assim, alcançar um melhor gerenciamento e uso da matéria prima e isso foi atingido. Além da vantagem pedagógica, o teste é parte necessária no processo construtivo proporcionando também o conhecimento de qual fase do solo é utilizada para cada técnica específica.

3.3.2 Oficina de Taipa de Pilão

Foram construídas duas paredes de terra com as dimensões de 100 cm x 20 cm x 75 cm (L x A x P) com a técnica da taipa de pilão, sendo uma com a adição de cimento e a outra sem adição de cimento durante a oficina. As paredes foram erguidas dentro da estufa do bloco de Arquitetura do Centro Politécnico da UFPR. Para ministrar a oficina foi trazida a arquiteta Ana Carolina Veraldo, de Campo Grande, com experiência em construções com terra, ligada a rede Proterra.

Tomando como universo de estudos a construção com terra crua, pretendeu-se atingir os seguintes objetivos com os artefatos:

a) Descrição das atividades durante a oficina de taipa de pilão identificando as não conformidades do processo de produção das paredes de taipa de pilão;

b) Avaliação das paredes quanto à resistência e erosão em ambiente coberto;

c) Avaliação das paredes quanto ao uso de proteção com impermeabilizantes naturais;

Primeiramente explica-se o processo da oficina, desde a aquisição de materiais, até sua e finalização com as paredes de taipa expostas no lugar.

A princípio pensou-se em construir uma das paredes com o solo do Politécnico para atender ao item economia no transporte do material base, a terra. Identificou-se que o solo do Politécnico faz parte da formação Guabirotuba, uma formação constituída principalmente de argilas siltosas ou siltes argilosos e materiais granulares o que confirma razoável diversidade aos solos da bacia de Curitiba (KORMANN, 2002), o que confere um solo adequado para a execução das paredes.

Foi necessário o descarte do solo do Politécnico, pois a área que a arquiteta palestrante da oficina identificou que tinha o solo mais apropriado para o uso da taipa de pilão, hoje tem um edifício construído. O novo local para a escolha dos solos foi em um aterro na região metropolitana de Curitiba, onde dois solos adequados foram encontrados e o terceiro foi fornecido pela empresa Tellus Arquitetura.

Não é qualquer solo que pode ser utilizado. Para que o solo desempenhe a função eficientemente na mistura, este deve ser isento de compostos orgânicos e possuir uma composição granulométrica correta entre areia, silte e argila, os componentes do solo, como mostra na FIGURA 30.

FIGURA 30 - COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA



FONTE: Laborsolo Laboratórios (2016).

a) Pedregulhos/Cascalhos- cristais grandes ou fragmentos de rochas que resistem à decomposição (2 a 6 mm), b) Areias grossas - grãos de quartzo entre

0,60 a 2 mm, c) Areias médias - grãos de quartzo entre 0,20 a 0,60 mm, d) Areiasfinas - grãos de quartzo entre 0,06 a 0,20 mm, e) Siltes - sílica coloidal ou cristais grandes de argila ou impurezas (0,002 a 0, 06 mm), d) Argilas - cristais de argila mineral (até 0,002 mm).

Para a execução das paredes em taipa de pilão foram selecionados três tipos de solo, com colorações diferentes, todos provenientes da região metropolitana de Curitiba, em São José dos Pinhais, onde o solo é mais arenoso.

Segundo Heise (2004), a preparação correta da mistura trará resultados em uma parede mais resistente e durável. A preparação depende do tipo de solo da jazida escolhida, da utilização da parede, para poder se determinar as quantidades de cimento, água e massa específica aparente seca a ser alcançada após a compactação.

Para a dosagem correta são necessários ensaios do solo feitos em laboratório. Quando houver a impossibilidade de realizar os ensaios em laboratório é recomendado pelo Centro de Estudos e Pesquisa em Didática (CEPED) que se façam alguns ensaios no campo (HEISE, 2004). De acordo com Neves et al (2004), seguindo o que especifica a rede Proterra os ensaios a serem feitos primeiramente são através do tato e observação visual, seguidos dos ensaios do teste do vidro. O ensaio adotado para a oficina foi o ensaio do vidro em que se pretendia definir os percentuais de grãos do solo. Os três tipos de solo foram testados em uma garrafa individualmente (FIGURA 31).

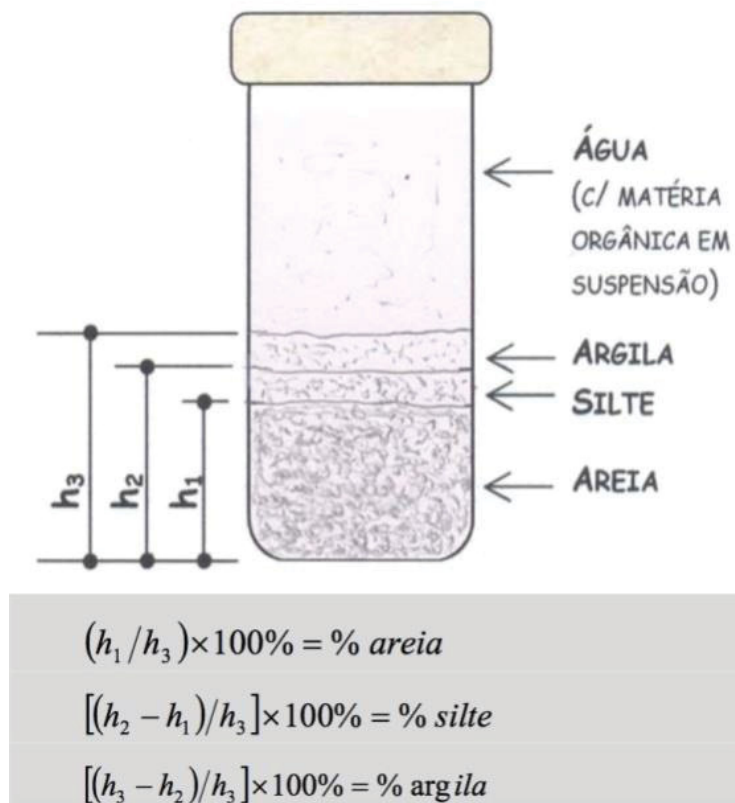
FIGURA 31 - AMOSTRAS DOS SOLOS UTILIZADOS



FONTE: Gustavo Moura (2018).

Pra cada solo foi feito o cálculo da quantidade de cada componente do solo. Esse cálculo seguiu uma fórmula fornecida pela rede Proterra. (FIGURA 32 e TABELA 1):

FIGURA 32 - FÓRMULA PARA CÁLCULO DAS FRAÇÕES DE CADA COMPONENTE DA TERRA



FONTE: Proterra (2005).

TABELA 1 - CÁLCULO DAS FRAÇÕES DE CADA COMPONENTE DE TERRA

Solo	Valores	Cálculo
01 VERMELHO	h1 = 4,0 h2 = 4,8 h3 = 5,3	$\% \text{ AREIA} = (h1/h3) \times 100\%$ $\% \text{ AREIA} = (4/5,3) \times 100\%$ % AREIA= 75% $\% \text{ SILTE} = [(h2-H1)/H3] \times 100\%$ $\% \text{ SILTE} = [(4,8 - 4)/5,3] \times 100\%$ $\% \text{ SILTE} = [(0,8/5,3)] \times 100\%$ % SILTE= 15% $\% \text{ ARGILA} = [(h3-H2)/H3] \times 100\%$ $\% \text{ ARGILA} = [(5,3 - 4,8)/5,3] \times 100\%$ $\% \text{ ARGILA} = 9,43\%$ % ARGILA= 10%
02 MARROM	h1 = 3,5 h2 = 5,0 h3 = 6,0	$\% \text{ AREIA} = (h1/h3) \times 100\%$ $\% \text{ AREIA} = (3,5/6) \times 100\%$ % AREIA= 58 % $\% \text{ SILTE} = [(h2-H1)/H3] \times 100\%$ $\% \text{ SILTE} = [(5 - 3,5)/6] \times 100\%$ $\% \text{ SILTE} = [(1,5/6)] \times 100\%$ % SILTE= 25% $\% \text{ ARGILA} = [(h3-H2)/H3] \times 100\%$ $\% \text{ ARGILA} = [(6 - 5)/6] \times 100\%$ % ARGILA= 16%
03 AMARELO	h1 = 3,0 h2 = 4,0 h3 = 5,0	$\% \text{ AREIA} = (h1/h3) \times 100\%$ $\% \text{ AREIA} = (3/5) \times 100\%$ % AREIA= 60% $\% \text{ SILTE} = [(h2-H1)/H3] \times 100\%$ $\% \text{ SILTE} = [(4-3)/5] \times 100\%$ $\% \text{ SILTE} = [(1/5)] \times 100\%$ % SILTE= 20% $\% \text{ ARGILA} = [(h3-H2)/H3] \times 100\%$ $\% \text{ ARGILA} = [(5 - 4)/5] \times 100\%$ % ARGILA= 20%

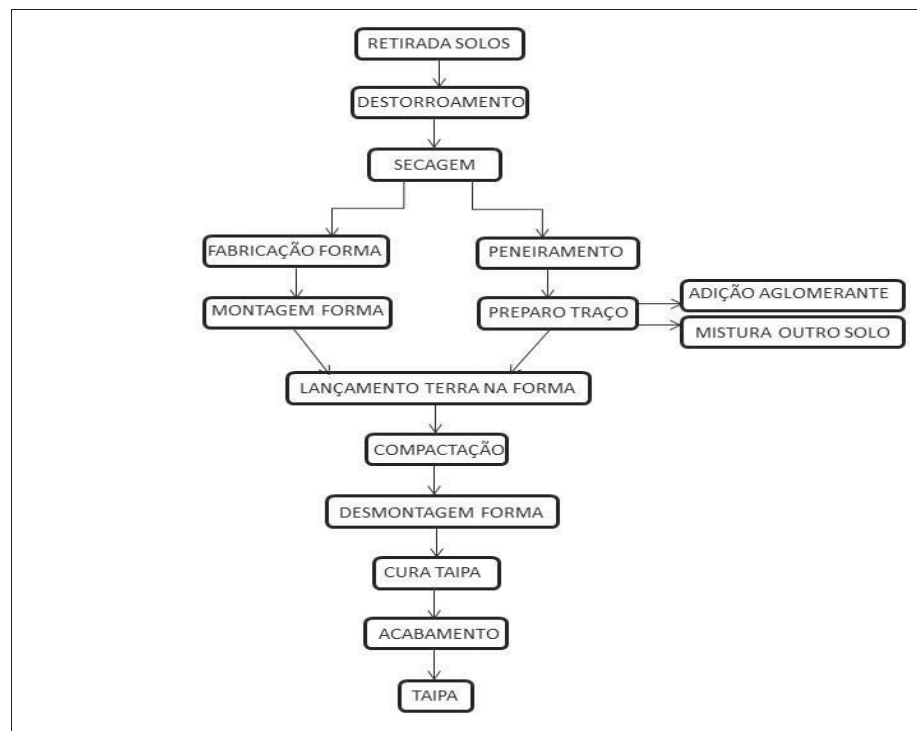
FONTE: A autora (2018).

Normalmente o solo é classificado pelo elemento em maior quantidade. De acordo com os cálculos acima, a nomenclatura varia pelo material.

Com os cálculos feitos pela fórmula do cálculo das frações de cada componente da terra fornecida pelo Proterra, o solo mais adequado para a construção das paredes de taipa é o solo vermelho pois contém 75% de areia na sua composição. De acordo com Maeder (2017), Berge (2009) e Walker et al (2003), um solo adequado para o uso em taipa de pilão tem que conter uma porcentagem alta de areia na composição.

Abaixo a sequência de como conduzir uma construção de paredes de taipa de pilão utilizada para ambientes externos fornecida pela cartilha do Proterra (FIGURA 33):

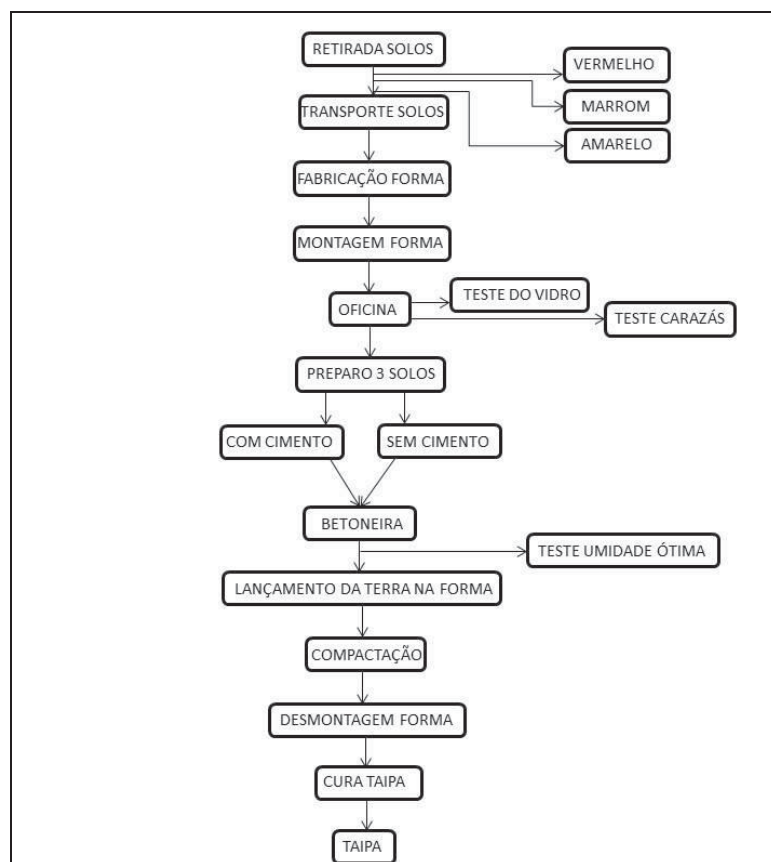
FIGURA 33 - SEQUÊNCIA PARA CONSTRUÇÃO DA TAIPA DE PILÃO **EXTERNAMENTE**



FONTE: adaptado Proterra (2005).

Algumas etapas não foram seguidas, como a secagem devido à falta de espaço para deixar o solo secando e o peneiramento pela falta de peneira 4 mm, o que ocasionou paredes não tão perfeitas como era o esperado. A seguir, o diagrama da sequência do que ocorreu durante a oficina de taipa de pilão (FIGURA 34).

FIGURA 34 - DIAGRAMA DA SEQUENCIA DURING OFICINA DE TAIPA DE PILÃO



FONTE: adaptado Proterra (2005).

O local adequado para se executar a mistura deve ser de fácil acesso para as máquinas e operários; deve ser coberto. O misturador deve ter um tamanho dimensionado para a produtividade esperada no planejamento da obra. É importante que o solo esteja seco e seja peneirado para iniciar o processo de mistura. O solo pode ser seco em estufa ou ao ar livre. Esse processo é importante para se ter o controle da umidade da mistura e não iniciar o processo de hidratação do cimento antes do necessário. O peneiramento do solo também é importante porque irá contribuir para o controle de qualidade da mistura, para que esta fique homogênea. A peneira recomendada é a número 4 mm. (HEISE, 2004). Os solos não foram secos adequadamente, pois deveriam secar sob a cobertura da estufa, mas não existia espaço físico suficiente. Os solos ficaram armazenados em sacos até serem utilizados. Não foi feito o peneiramento para o início da oficina devido à falta da peneira 4 mm no laboratório de Civil.

Não existia alternativa à estufa, pois a ideia foi aliar o desenvolvimento desta pesquisa através da promoção de uma oficina de uma técnica pouco explorada durante o curso de arquitetura utilizando os alunos para a construção das paredes de taipa de pilão. Como explicitado anteriormente por Heise (2004), o local da mistura dos solos deve ser de fácil acesso, e isso fez com que os solos tivessem que permanecer próximo à estufa, onde não existia lugar livre para a secagem, já que este ambiente é constantemente usado por alunos. A construção de estruturas em taipa de pilão em ambientes internos pode ser realizada em qualquer época do ano, desde que seguidas todas as etapas do protocolo de construção. A umidade do solo pode ser corrigida com sua adequada secagem, o que pode ser feito no local onde irá se construir, caso haja espaço, em estufas de laboratórios ou fornos caseiros ou não.

Durante a oficina a mistura do solo foi feita em caixa no chão para depois ser colocada dentro da betoneira (FIGURA 35), do lado de fora da edificação sem cobertura.

FIGURA 35 - MISTURA DOS SOLOS NA CAIXA E BETONEIRA



FONTE: Gustavo Moura (2018).

A mistura ao ser compactada reduz em 60% o seu volume inicial, o que torna importante o dimensionamento correto das quantidades de cada material, o volume de trabalho da produção, a área de processamento da mistura e o número de operários no local de trabalho (HEISE, 2004).

A quantidade de mistura utilizada para fazer uma camada da parede com cimento foi de 19 pás de terra ($0,08 \text{ m}^3$) para uma pá de cimento ($0,0014 \text{ m}^3$) + 200 ml de água. Para a parede sem cimento somente as 19 pás de terra com 200 ml de água.

A definição da umidade ótima da mistura para ir para dentro da forma é muito importante, pois se estiver muito úmida, as partículas de argila se expandem e comprometem a compactação, e se estiver seca demais a compactação não acontece. Por isso é recomendado que a umidade ótima seja determinada através do ensaio de compactação (NBR 7182) (HEISE, 2004).

De acordo com David Easton (1996) em seu livro *The Rammed Earth Houses* onde comenta o procedimento feito por George F. Middleton em 1953 para a verificação da umidade da mistura em canteiros de obra; primeiro tomar uma porção da mistura com as mãos e moldar na palma uma “bolinha”, apertar até que forme um volume endurecido, depois soltar esta “bolinha” de uma altura de 1 m no chão duro. Na verificação do resultado do teste, este pode espatifar em pedaços, espatifar sem nenhuma conformação física ou espatifar tomando uma forma de cone ou pirâmide. Se a amostra se espatifar em pedaços, ela está muito úmida; se a amostra se espatifar sem nenhuma conformação física, a amostra está muito seca e se a amostra se espatifar formando o cone ou pirâmide, a amostra está com a umidade adequada.

A umidade ótima da mistura foi verificada após a mistura ser feita na betoneira. Os alunos fizeram o procedimento descrito por David Easton (1996) e depois despejaram nas formas para a compactação. (FIGURA 36).

FIGURA 36 - AVALIAÇÃO DA UMIDADE DA MISTURA



FONTE: Gustavo Moura (2018)

A dosagem da mistura dependerá do projeto dos painéis, a altura, comprimento e largura, e também qual a função do painel (HEISE, 2004).

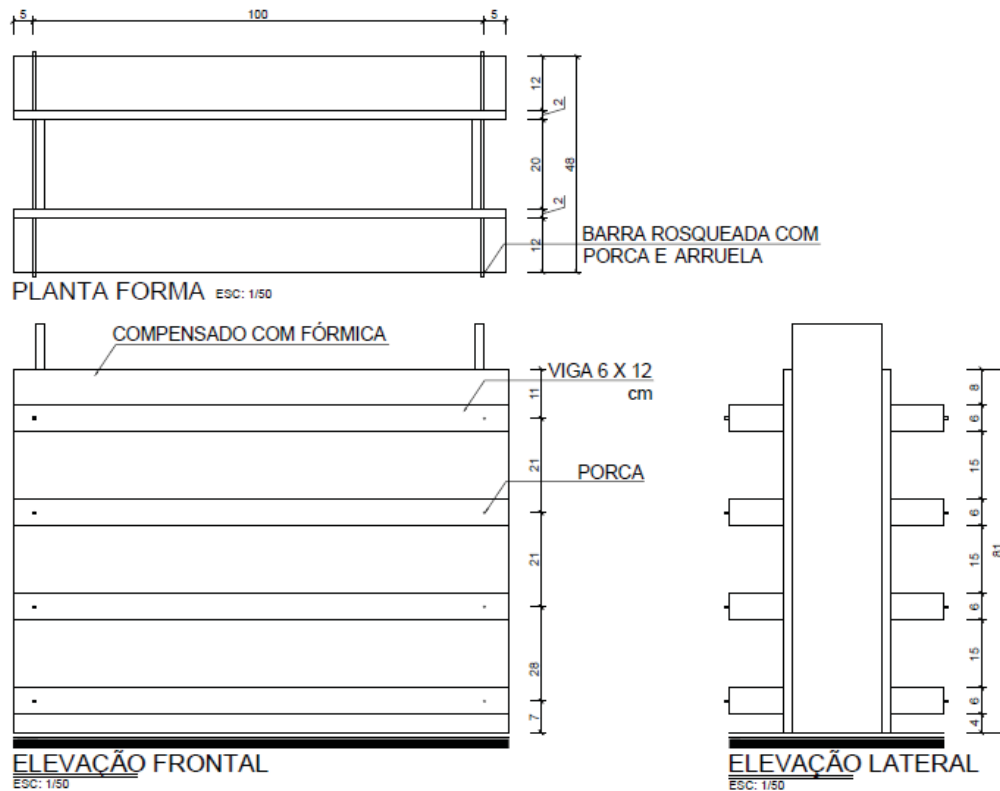
Os componentes mínimos necessários para se montar um molde são:

a) Pranchões ou taipal, b) Travessas ou traves, c) Grampos ou parafusos, d) Calços ou cunhas;

Segundo Heise (2004), os moldes utilizados para a construção de um painel monolítico de taipa de pilão são muito semelhantes às fôrmas utilizadas para painéis de concreto. O sistema de travamento, com parafusos ou grampos de pressão (*ponyclamp*) é semelhante. No entanto, para o painel de terra compactada, quanto menos parafusos ou grampos houver na fôrma, mais rápido o operário poderá montar e desmontar a mesma. O dimensionamento da fôrma, quantos pontos de travamento, a distância entre os pontos são definidos com um projeto bem detalhado.

O molde utilizado na oficina obedeceu às dimensões mínimas sugeridas pela Proterra (NEVES et al., 2005). A seguir, projeto adequando as dimensões do molde ao projeto fornecido pela Proterra para a criação das duas paredes (FIGURA 37).

FIGURA 37 - PROJETO FÔRMA OFICINA



FONTE: A autora (2018).

De acordo com Heise (2004), o peso de cada fôrma não passa de 20 kg se atingir 2m de comprimento por 50 cm de altura. São feitas de chapas compensadas naval de 15 ou 18 mm de espessura. São utilizadas nesse padrão para poderem ser reaproveitadas.

As formas utilizadas para a execução das paredes na oficina foram feitas de compensado naval com 2 cm de espessura obedecendo as medidas de: 90 cm (comp.) x 20 cm (larg.) x 75 cm (altura) (FIGURA 38).

FIGURA 38 - MONTAGEM FORMAS



FONTE: A autora (2018)

De acordo com Heise (2004), o procedimento usual de montagem da fôrma é o que segue:

- 1- Passar desmoldante nas faces internas da fôrma (pranchas);
- 2- Colocar uma face da fôrma entre as guias;
- 3- Colocar outra face da fôrma entre as guias;
- 4- Passar os parafusos nos locais próprios da fôrma;
- 5- Fazer o primeiro aperto dos parafusos;
- 6- Alinhar, nivelar, aprumar e travar a fôrma;
- 7- Fazer o aperto final dos parafusos;
- 8- Conferir o alinhamento, nível, prumo e travamento;
- 9- Liberar a fôrma para compactação.

Após todas as etapas serem seguidas, a fôrma está pronta. O próximo passo é colocar a mistura dentro da fôrma e compactar (HEISE, 2004).

Compactação do solo é a redução do volume através de golpes de um objeto com cargas sucessivas com intuito de torná-lo mais resistente. Para tornar a estrutura mais resistente é necessário seguir algumas especificações como um controle rigoroso dos golpes respeitando o sentido de compactação, das bordas para o centro e observar a altura das camadas que não deve ultrapassar os 20 cm com risco de perder resistência no interior da estrutura devido a falhas na compactação. (HEISE, 2004)

A compactação da mistura de terra nas formas aconteceu em duas áreas distintas, sendo uma da parede com cimento e da outra parede sem cimento (FIGURA 39).

FIGURA 39 – COMPACTAÇÃO



FONTE: Gustavo Moura (2018)

O término da compactação é facilmente verificável quando o soquete ou pilão quase não deixam marcas sobre a superfície compactada e quando a batida do soquete emitir um som seco. O compactador pneumático é mais eficiente em termos de velocidade e qualidade de compactação. (HEISE, 2004). Os compactadores utilizados na oficina foram feitos de madeira e de ferro (FIGURA 40).

FIGURA 40 - COMPACTADORES USADOS NA OFICINA



FONTE: A autora (2018)

Segundo Heise (2004) a desforma é uma etapa importante do processo. O sistema para a desmontagem deve ser primeiramente afrouxar os parafusos, após retirar os calços e travamentos, logo após retirar os parafusos e em seguida as faces da forma e as guias removíveis. Restando apenas a limpeza da fôrma.

A desforma (FIGURA 41) foi feita após 8 camadas serem compactadas. O inconveniente foi que a forma foi feita para concreto, então estava pregada com pregos bem resistentes e foi necessário o uso de pé de cabra para desenformar com o risco de quebrar a parede, mas a compactação consistente e o uso do solo vermelho, o mais indicado, na maior parte das camadas, fez com que após a retirada das formas a parede não quebrasse.

FIGURA 41 – DESFORMA



FONTE: A autora (2018)

No início de agosto de 2018 completaram três meses de cura das paredes executadas durante a oficina.

As duas paredes que foram executadas durante a oficina da taipa de pilão foram acompanhadas para a coleta de dados da pesquisa, e revisada a literatura encontrada para colher informações do processo relacionando ao contexto da Arquitetura Efêmera.

FIGURA 42 - MEDIÇÃO PAREDES 22/05: SEM CIMENTO (ESQUERDA) E COM CIMENTO (DIREITA)



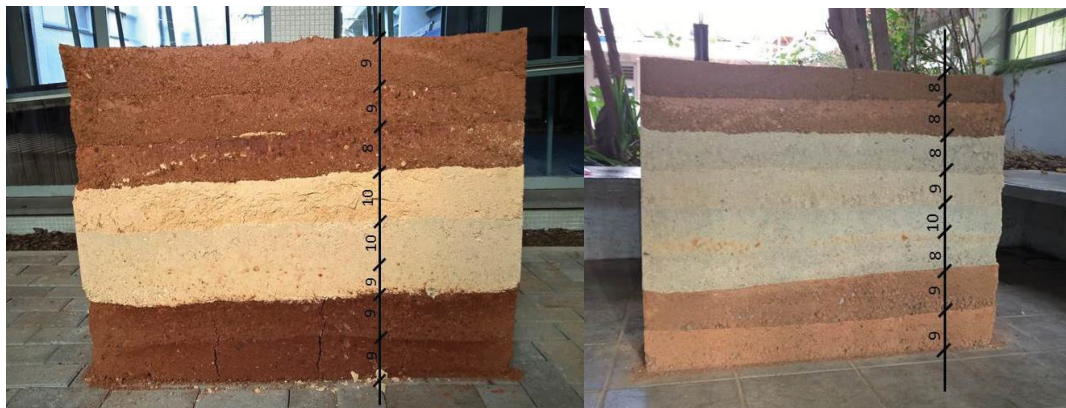
73

FIGURA 43 - MEDIÇÃO PAREDES 05/06: SEM CIMENTO (ESQUERDA) E COM CIMENTO (DIREITA)



FONTE: A autora (2018)

FIGURA 44 - MEDIÇÃO PAREDES 19/06: SEM CIMENTO (ESQUERDA) E COM CIMENTO (DIREITA)



FONTE: A autora (2018)

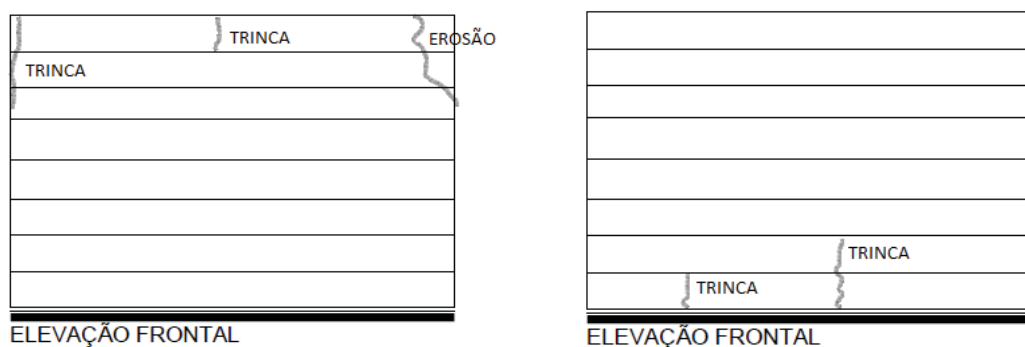
Três coletas foram feitas nas semanas subsequentes à oficina em datas com intervalo de duas semanas entre cada análise, para avaliar o desempenho estrutural das paredes, vendo como se comportava cada tipo de solo usado, e esses passos foram seguidos:

1. Identificação de trincas, retrações e erosão durante a cura;
2. Identificação como as paredes se comportam sem proteção de um impermeabilizante e o uso constante do lugar pelos alunos;
3. Identificação como as paredes reagem com a aplicação de duas camadas de impermeabilizante;

As paredes foram avaliadas em três etapas: a primeira etapa foi a construção das paredes, onde se avaliou a retração e erosão de cada uma. A segunda etapa foi a avaliação de como se comportaram as paredes após a aplicação de óleo de linhaça para impermeabilização, quando se percebeu que a proteção inicial pretendida com o óleo de linhaça não foi atendida, pois as paredes continuaram a sofrer erosão, retração e trincas e a terceira etapa, seria a demolição das paredes e avaliação de qual tipo de material se enquadra no contexto da volta ao seu estado original podendo ser reutilizada dentro de edificações, mas após avaliação dos professores da banca examinadora, foi decidido que as paredes não seriam derrubadas e que um novo protótipo deveria ser feito.

Após dois meses, notou-se que as arestas da parede com cimento sofreram erosão e os grãos da mistura ficaram visíveis na primeira camada, Na parede sem cimento, trincas na camada mais inferior em contato com o solo mostraram retração da terra (FIGURA 45).

FIGURA 45 – DESENHO ESQUEMÁTICO EROSÃO E TRINCAS PAREDES COM CIMENTO E SEM CIMENTO (RESPECTIVAMENTE)



FONTE: A autora (2018)

O resultado da oficina foi satisfatório para os participantes que desconheciam a técnica da taipa de pilão e tiveram o primeiro contato com a terra, mas o resultado final de execução das paredes de taipa foi prejudicado pela falta de orientação da palestrante e um tempo maior para a execução das paredes. A

execução de um protótipo foi essencial, pois a viabilidade da técnica era uma incógnita do projeto.

As paredes de taipa já mostraram que necessitam de reparos, pois já ocorreram retrações, fissuras e erosões em três meses expostas ao público, mesmo estando em ambiente com pouca ventilação. Devido à falta de preparo adequado do solo, como a não secagem e o não peneiramento, algumas camadas das paredes levantadas tiveram os grãos da mistura visíveis. Apesar destes fatores, o resultado da construção das paredes foi válido porque permitiu identificar a importância da sequência de todas as etapas adequadamente para que o produto tenha as características desejadas. Com isso, fica evidente que a secagem do solo adequada é uma questão fundamental para a continuidade do trabalho para se obter resultados positivos. Sem a secagem adequada, apesar de serem efetivadas as etapas seguintes, o resultado final pode ser menos satisfatório. Interferindo nesse resultado, o peneiramento inadequado resulta na formação de grumos que podem comprometer a compactação homogênea tão necessária nessa técnica.

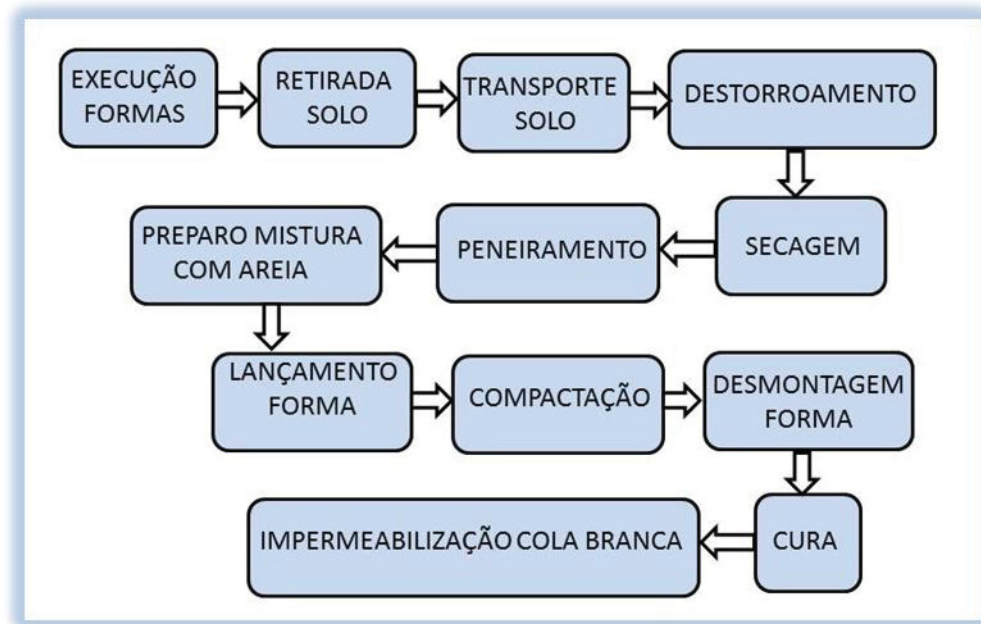
3.3.3 Protocolo de construção

A terceira parte da pesquisa englobou a execução de um protótipo. Após o conhecimento adquirido durante a oficina de taipa de pilão de que as etapas de execução das paredes devem ser rigorosamente seguidas para a obtenção de um produto adequado utilizando terra apiloada, e de leitura de bibliografia sobre execução da tecnologia da taipa, decidiu-se por produzir um porta-vasos em terra crua com esta técnica a ser utilizados em ambientes internos.

De acordo com Neves e Faria (2011), a primeira decisão é a escolha da jazida. O local de onde foi retirado o solo para a execução do porta-vasos foi o mesmo utilizado para a execução das paredes da oficina, na região Metropolitana de Curitiba, em São José dos Pinhais. Neves e Faria (2011) ainda determinam que será preciso considerar o tipo de solo e a distância até obra. Depois do solo extraído é necessário que seja destorroado e espalhado para secar.

Para manter o rigor da pesquisa e garantir que os resultados obtidos sejam confiáveis e úteis, foi seguido o protocolo proposto pela rede Ibero Americana Proterra conforme apresentado na FIGURA 46, aplicado ao presente trabalho.

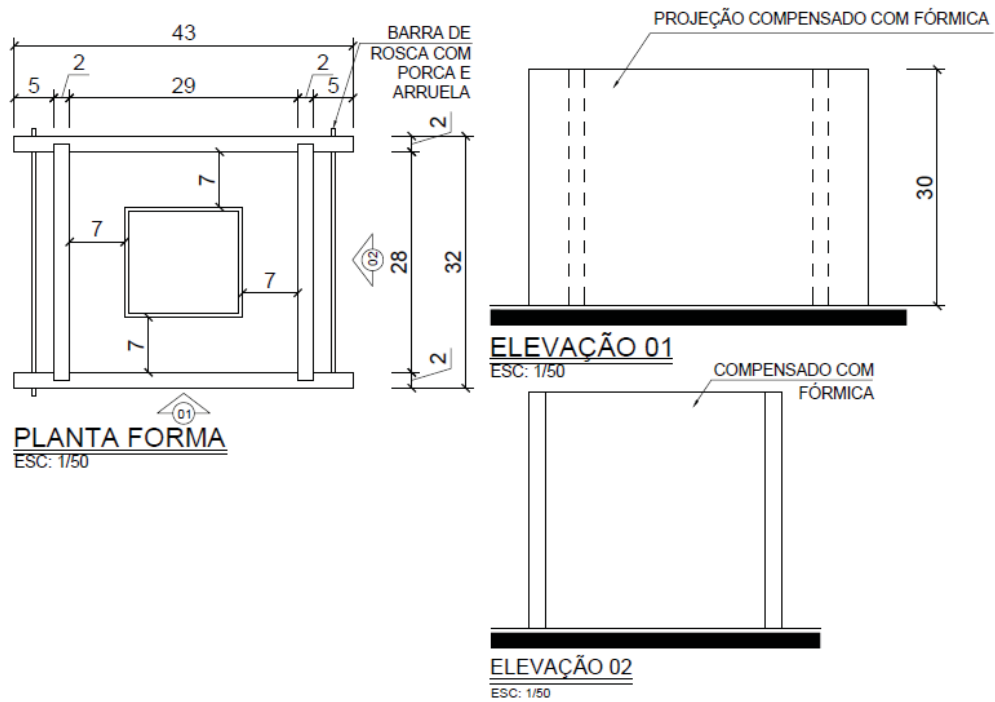
FIGURA 46 - ETAPAS CONSTRUÇÃO PROTÓTIPO



FONTE: A autora (2018), adaptada de Neves e Faria (2011)

O desenho das formas foi feito de acordo com o modelo utilizado no teste Carazás como mostra a FIGURA 47

FIGURA 47 - DETALHE FORMA PROTÓTIPO



FONTE: A autora (2019)

Pretendeu-se criar um objeto passível de ser transportado que respeitasse todas as etapas de execução e também as dimensões de projeto. As medidas do protótipo foram definidas em função da estrutura não conter nenhuma espécie de armadura em seu interior e as paredes serem autoportantes. A ideia era criar um protótipo com os materiais existentes dentro do Centro Politécnico. As fôrmas foram executadas na maquetaria do curso de Arquitetura e urbanismo da UFPR. As chapas utilizadas para fazer as formas foram fornecidas pelo departamento de Arquitetura e urbanismo da UFPR. Estas chapas eram de compensado com um lado revestido de fórmica (FIGURA 48).

A diferença entre os modelos de chapas utilizadas na oficina de taipa de pilão e o protótipo do porta-vasos foi a cor das chapas e o material de que eram feitas, uma de mdf e outra de compensado, respectivamente, mas as duas possuíam um lado com revestimento em fórmica, o lado que tinha contato com a terra. A fôrma interna foi feita de mdf sem revestimento de fórmica, por isso foram aplicadas duas camadas de cera líquida para que a terra em contato com a madeira não aderisse e prejudicasse o protótipo na hora de desenformar.

FIGURA 48 - FORMAS PROTÓTIPO



FONTE: A autora (2018)

Foram coletados 50 kg de solo de apenas uma tonalidade para a execução dos dois porta-vasos para plantas com medidas já mencionadas. O material utilizado para a confecção do protótipo está descrito na TABELA 2:

TABELA 2 - MATERIAIS UTILIZADOS PARA O PROTÓTIPO

<i>Item</i>	<i>Necessário</i>
SOLO ARENOSO	19,5 kg
AREIA	16,5 kg
COMPENSADO COM FÓRMICA	ver projeto
BARRAS DE AÇO ROSQUEADAS	4ø 1/4 c/ 50 cm
CONJ. PORCA E PARAFUSO	8 unidades
COMPACTADOR	maquetaria

FONTE: A autora (2018).

O solo foi transportado para uma edícula de 25 m² no Bairro Bigorrião, onde foi destorroado e armazenado sobre uma lona preta no chão para secagem natural. Para acelerar a secagem, foram utilizados dois fornos caseiros (FIGURA 49) de 600 W a uma temperatura de 80°. A secagem total dos 50 kg de solo durou dois dias. Não foi encontrada informação sobre a influência da redução no tempo de secagem sobre o resultado da parede de taipa de pilão.

FIGURA 49 - FORNOS PARA SECAGEM



FONTE: A autora (2018).

De acordo com Neves e Faria (2011), com o solo destorroado e seco deve ser feito o peneiramento em peneira com abertura de malha entre 4 mm e 8 mm. A peneira utilizada para o protótipo foi de 4 mm (FIGURA 50).

FIGURA 50 - PENEIRA 4 mm E TERRA PENEIRADA



FONTE: A autora (2018).

De acordo com Neves e Faria (2011), a mistura da terra com outros solos ou aglomerante deve ser preparada seca (FIGURA 51) e para se conseguir a umidade ótima vai se acrescentando água até atingi-la.

FIGURA 51 - PESAGEM, AREIA AGREGADA À TERRA E MISTURA PRONTA



FONTE: A autora (2018)

Para se atingir a umidade ótima, em cada camada do protótipo foram feitos testes de queda (*droptest*) e o teste da garrafa (*jartest*) como prescreve Marwa Dabaieh em seu livro “ Building with Rammed Earth – a practical experience with Martin Rauch” (2014). Foram os mesmos testes utilizados durante a oficina de Taipa de Pilão. Cada camada tem uma composição diferente de solo, areia e água.

Segundo Neves e Faria (2011) o processo de compactação começa após a fôrma estar nivelada, equilibrada e presa. Em seguida, a mistura de terra é espalhada no interior das fôrmas formando uma camada de 20 cm de altura e compactada por compactadores leves. Isso é necessário para não intensificar a densidade do material impedindo a troca de umidade com o meio.

Na execução do protótipo, a mistura de terra foi lançada formando uma camada de 8 cm de altura e foi compactada manualmente com compactador de madeira atingindo 5 cm de altura. (FIGURA 52).

FIGURA 52 - COMPACTADOR MANUAL E 1ª CAMADA COMPACTADA



FONTE: A autora (2018)

De acordo com Neves e Faria (2011), logo que a compactação termina, as fôrmas podem ser desmontadas com muito cuidado para não destruir nenhuma face ou aresta da construção. Caso necessário, alguns reparos nas estruturas podem ser feitos com uma mistura do próprio solo formando uma argamassa. Foram seguidas as recomendações de Neves e Faria (2011) (FIGURA 53). Apenas uma das arestas do protótipo recebeu reparo com argamassa feita com o próprio solo.

FIGURA 53 - CAMADAS COMPACTADAS E PROTÓTIPO DESENFORMADO





FONTE: A autora (2018)

Cada camada equivale a um preparo diferente na composição. As camadas foram executadas utilizando a mesma fórmula que foi utilizada durante a oficina. A fórmula foi fornecida pelo Proterra.

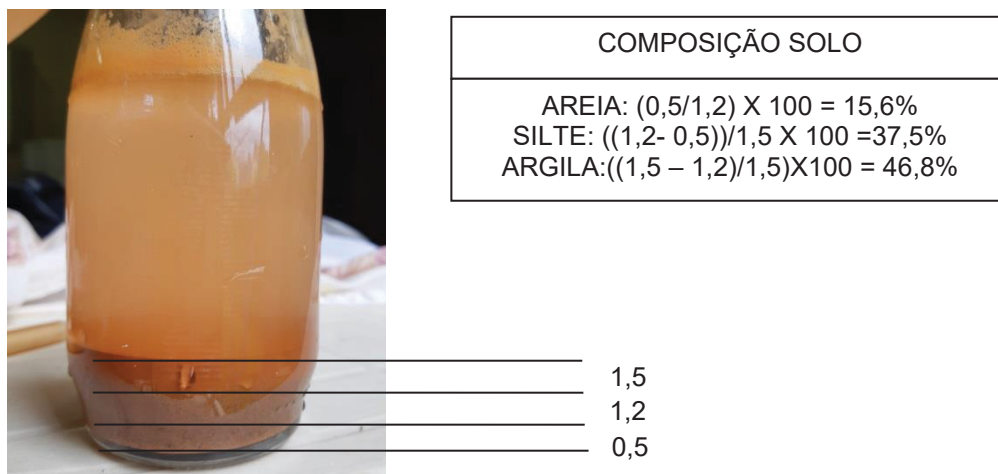
Segundo o CEPED, há um valor que determina que painéis monolíticos de solo-cimento sejam feitos de solos com o teor de areia entre 45% a 90%, que o teor de silte e argila fique entre 10% e 55%. De acordo com Neves e Faria (2011), é necessário ser feito o teste de decantação do solo ou o teste do vidro, como mostra a figura 41 para poder avaliar os componentes deste solo, pois as partículas de pedregulho e areia decantam primeiro seguido do silte e por último a argila.

Com os resultados obtidos, pode-se confirmar a classificação realizada por meio dos testes tátil e visual e identificar como corrigir o solo para este se adequar à técnica escolhida.

Na primeira camada do protótipo foram utilizados 8 kg de terra solta mais 8 colheres de sopa de betume mais 500 ml de água. Esta primeira camada serviu para apoiar a forma menor, que foi impermeabilizada com cera líquida para que a terra não aderisse na hora da desmontagem.

Na segunda camada a composição da mistura foi 3,5 kg de terra solta mais 3,5 kg de areia mais 450 ml de água. Foi feito o teste de queda e o teste da garrafa para saber a granulometria da camada (FIGURA 54)

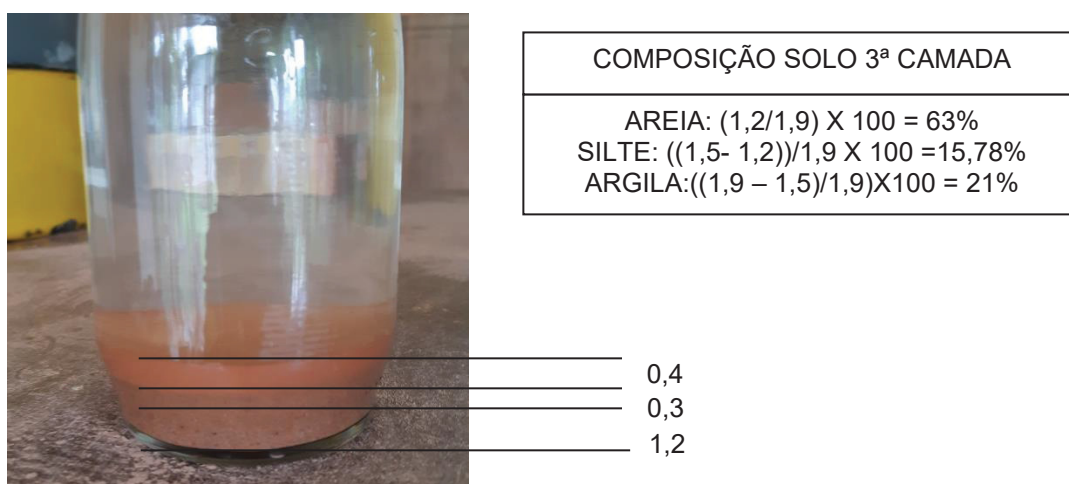
FIGURA 54 - GARRAFA MISTURA SOLO 2ª CAMADA



FONTE: A autora (2018)

Na terceira camada a composição da mistura foi 2 kg de terra solta mais 5 kg de areia mais 250 ml de água (FIGURA 55).

FIGURA 55 - GARRAFA MISTURA SOLO 3ª CAMADA



FONTE: A autora (2018)

Na quarta camada a composição da mistura foi 3 kg de terra solta mais 4 kg de areia mais 250 ml de água. (FIGURA 56)

FIGURA 56 - GARRAFA MISTURA SOLO 4ª CAMADA



FONTE: A autora (2018)

A quinta e última camada seguiu a composição da 4ª camada. Ao longo do desenvolvimento da peça foram feitos testes com o solo em cada camada para atingir a proporção perfeita de areia na composição e o solo ser considerado arenoso. Foi feito um segundo protótipo nas mesmas dimensões do primeiro somente da composição da 4ª camada que foi a camada mais adequada para este tipo de técnica. (FIGURA 57).

FIGURA 57 - OS DOIS PROTÓTIPOS



FONTE: A autora (2018)

Segundo Neves e Faria (2011), uma pasta para corrigir trincas, fissuras ou falhas podem ser usadas. É chamada de consolidante. Essa pasta proporciona proteção contra abrasão e umidade, podendo ser utilizado o acetato de polivinila, conhecido como PVA, ou cola branca. Nos dois protótipos foi aplicada cola branca contra abrasão e a poeira.

Não existe bibliografia que estipule a quantidade exata de água a ser colocada na composição da mistura a ser utilizada na construção da taipa de pilão. Durante a oficina a ministrante convidada não especificou uma quantidade exata de água a ser utilizada na construção das paredes, esta quantidade ia sendo definida após os testes de umidade ótima serem feitos. Na execução do porta-vasos, a quantidade de 50 ml também foi estipulada sem critérios científicos.

Após o término da cura e da proteção com cola, um dos protótipos foi demolido (FIGURA 58) e depois acrescentou-se água, 50 ml, (FIGURA 58) para atestar que deste mesmo material pode-se construir outro objeto compactando novamente.

FIGURA 58 - SOLO APÓS PROTÓTIPO SER QUEBRADO



FONTE: A autora (2018)

Para a prova cabal de que a terra crua pode ser infinitamente reutilizada, construiu-se outro porta-vasos com as mesmas dimensões utilizando a mesma fôrma. O segundo protótipo foi destruído dando origem ao terceiro protótipo. Foram seguidas as mesmas quantidades de terra e água das camadas feitas nos protótipos anteriores. O tempo gasto para a execução deste protótipo foi de 18 horas. Concluiu-se que adicionando água à mistura pode-se construir outros objetos compactando novamente (FIGURA 59).

FIGURA 59 – 3º PROTÓTIPO FEITO APÓS DEMOLIÇÃO 2º PROTÓTIPO



FONTE: A autora (2019)

Os cronogramas das atividades e de execução dos protótipos foram registrados nas TABELA 3 e TABELA 4 mostrando o tempo que decorreu para cada atividade.

TABELA 3 - CRONOGRAMA PORTA-VASO 1 (OUTUBRO 2018)

SEGUNDA	TERÇA	QUARTA	QUINTA	SEXTA	SABADO	DOMINGO
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
•RETIRADA SOLO •TRANSPORTE SOLO	•SECAGEM SOBRE LONA •EXECUÇÃO FORMA	•DESTORROA M. •MONTAGEM FORMA	•DESTOR. •MONTAGEM FORMA	•DESTOR.	•SECAGEM SOBRE LONA	•SECAGEM SOBRE LONA
22	23	24	25	26	27	28
•SECAGEM SOBRE LONA	•SECAGEM COM FORNOS	•SECAGEM COM FORNOS	•PENEIRAM.	•PENEIRAM.	•PENEIRAM.	
29	30	31	1	2	3	4
•PREPARO MISTURA •EXECUÇÃO 1ª CAMADA	•CERA FORMA INTERNA	•EXECUÇÃO 2ª,3ª,4ª E 5ª CAMADAS •DESFORMA	•CURA	•CURA	•CURA	•CURA

FONTE: A autora (2018)

De acordo com Heise (2004), a preparação da mistura e a compactação consomem o equivalente a 76% do tempo da produção. No caso do primeiro protótipo o que consumiu mais tempo foi a o preparo da terra e no segundo protótipo, a cura foi o mais demorado, mesmo com o tempo mais seco e quente na maior parte dos dias.

TABELA 4 - CRONOGRAMA PORTA-VASO 2 (NOVEMBRO 2018)

'1	TERÇA	QUARTA	QUINTA	SEXTA	SABADO	DOMINGO
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
			•MONTAGEM FORMA	•PREPARO MISTURA	•EXECUÇÃO 1ª CAMADA •CERA FORMA INTERNA	•EXECUÇÃO 2ª, 3ª, 4ª E 5ª CAMADA. •DESFORMA
12	13	14	15	16	17	18
• CURA	• CURA	• CURA	• CURA	• CURA	• CURA	• CURA
19	20	21	22	23	24	25
• CURA	• CURA	• CURA	•COLA BRANCA	•COLA BRANCA		
26	27	28	29	30	1	2

FONTE: A autora (2018)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A primeira parte da presente pesquisa foi desenvolvida dentro da estufa do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná. O período de preparo dos materiais para a oficina, em que se ergueram as paredes de terra, foi do dia onze de maio ao dia dezenove de maio de 2018. O período de avaliação das paredes compreendeu trinta dias de cura após a execução. Após esse período, houve a aplicação de impermeabilizante nas paredes e avaliação durante os 30 dias subsequentes.

O teste Carazás foi realizado no período da manhã e a oficina no período da tarde. Este teste promoveu primeiro a abordagem e compreensão da terra o que pode vir a tornar os participantes ou construtores possuidores de argumentos para poder utilizá-la.

Com relação ao porta-vaso de plantas, este foi feito em uma edícula e o tempo entre levar o material, a terra, até o local e a finalização dos artefatos foi de dois meses, outubro e novembro de 2018.

O que se percebeu é que mesmo com o clima úmido de Curitiba, o tempo de cura do protótipo foi bem inferior ao proposto pela cartilha do Proterra, em que estimam 3 meses de cura. Os dois protótipos do segundo ciclo da Design Science gastaram 4 semanas para a cura total, sem o uso de secagem manual forçada. Isto se deve ao tamanho reduzido do protótipo.

Erros foram constatados durante a oficina (em laranja na Figura 44), como o não peneiramento e a não secagem adequada da terra foram corrigidos para a execução do protótipo.

TABELA 5 – ERROS COMETIDOS DURANTE EXECUÇÃO

<i>Item</i>
EXECUÇÃO FORMAS
RETIRADA SOLO
TRANSPORTE SOLO
DESTORROAMENTO
SECAGEM
PENEIRAMENTO
PREPARO MISTURA COM AREIA
LANÇAMENTO FÔRMA
COMPACTAÇÃO
DESMONTAGEM FÔRMA
IMPERMEABILIZAÇÃO COLA
BRANCA
CURA

FONTE: A autora (2018)

A secagem foi feita em fornos caseiros e para o peneiramento se utilizou com peneira nº 4 (fornecida pela UFPR) para corrigir os erros. O protótipo seguiu a ordem estabelecida pela cartilha do Proterra com todas as etapas foram bem estudadas, como a quantidade de terra transportada, o tratamento e o preparo da terra, bem como a estruturação da fôrma e o tempo de cura, que se mostrou inferior ao definido pela cartilha.

As não conformidades ocorridas durante a execução do primeiro protótipo foram o excesso de água nas primeira e segunda camadas, devido ao ajuste do cálculo e a imprecisão desta quantidade na bibliografia e os “vazios” causados pela retirada da forma interna, já que esta teve que ser quebrada para ser retirada. Nas terceira e quarta camadas, o excesso de água foi corrigido não prejudicando a compactação, já que a terra muito úmida pode aderir nas paredes do molde.

De acordo com Hoffmann, em entrevista para Pessoa (2018), para que a técnica da taipa de pilão seja inserida em grande escala nas construções modernas, precisam passar por modernização em seus processos.

De acordo com estes dados é possível executar uma estrutura em taipa de pilão no interior de construções em tempo mínimo e ainda obter um produto

sustentável. São necessárias quatro (4) semanas para a execução de um objeto de tamanho reduzido nesta técnica. É necessário que o canteiro da obra tenha um espaço adequado para o armazenamento e manipulação dos materiais usados nesta técnica.

5 CONCLUSÃO

Esta pesquisa mostrou que a utilização da sequência de execução de construções em taipa de pilão em ambientes externos pode ser utilizada em ambientes internos obtendo qualidade e durabilidade na produção de objetos através da metodologia do Design Science Research. Com o objetivo secundário de testar a capacidade da estrutura em taipa de pilão sem adição de cimento, constatou-se que os objetos criados com essa premissa atenderam a hipótese elaborada, em que as etapas de construção, o projeto do objeto, a seleção adequada dos materiais utilizados tanto na montagem como na peça em si, permitiram que os objetos criados atendessem aos critérios estabelecidos pela hipótese.

Tendo seguido todas as etapas estabelecidas pela cartilha do Proterra para execução de uma construção em taipa de pilão, construiu-se um protótipo de um porta-vasos seguindo um projeto com as medidas de parede mais espessas pois uma estrutura com paredes esbeltas provocaria danos ao ser movimentado. A cor inicial do protótipo apresentou uma tonalidade devido à quantidade de água necessária para o apiloamento que se alterou durante o processo de cura. Quanto à forma, esta se manteve inalterada. Não apareceram trincas, apenas pequenos desgastes nas quinas de 0,3 mm, medidas que são aceitáveis dentro deste tipo de construção, de acordo com Walker (2003). Estas pequenas erosões foram ocasionadas ao se retirar as fôrmas do protótipo. A não existência de trincas vem comprovar que uma boa compactação supre a necessidade do uso de aglomerante, como afirma Hoffmann (2002).

Realizar a impermeabilização do protótipo impediu que pequenas partículas se soltassem ao toque dos dedos. O protótipo ao ser movimentado não sofreu danos nem mínimas alterações na sua forma.

De todas as etapas na confecção do protótipo, a que consumiu mais tempo foi a preparação do solo, que consistiu na retirada, no transporte, na secagem e no peneiramento deste. A retirada do solo para o protótipo foi em época chuvosa, exigindo uma etapa de secagem, comprovando que esse tipo de atividade pode ser feito independente das condições climáticas, reafirmando a premissa da execução que esta técnica pode ser construída em ambientes internos.

O método testado na elaboração do protótipo é rígido o que faz com que a não realização de uma etapa pode prejudicar o resultado final.

Neste sentido, o presente trabalho pretendeu contribuir para que esta tecnologia seja implementada em um ambiente interno seguindo todas as etapas de uma execução no ambiente externo, podendo ser utilizada para a produção de objetos de menor tamanho utilizados dentro de uma casa.

Os aspectos do processo de execução de uma estrutura de taipa de pilão no ambiente externo são explicitados aqui para um ambiente interno. Esta pesquisa não pretende esgotar o assunto sobre a tecnologia da taipa de pilão, mas sim mostrar como essa tecnologia pode ser utilizada no interior de construções propondo melhorias pretendendo aumentar a produtividade do processo fazendo com que essa tecnologia seja uma opção para objetos em terra usados no interior das construções.

É importante salientar que os procedimentos da execução e do controle da qualidade durante as etapas do processo foram respeitados como o preparo da mistura, o preparo e a montagem forma, a compactação, a desforma e a cura. Os aspectos de custo da execução do protótipo não foram abordados, pois não era o foco principal desta pesquisa, mas sim o processo de execução.

O movimento pela sustentabilidade vem proporcionando uma maior aceitação dos produtos com terra, pois este confere um grau de singularidade a cada projeto. É ainda incipiente este movimento, mas com indícios de gradual ampliação como reportado por Hoffmann (2002), e como apontado no decorrer da pesquisa, como uma das tendências mais recentes em concursos de arquitetura no Brasil. Para que este aumento realmente se efetive necessário se faz que outras pesquisas sejam feitas além da pesquisa em questão e a divulgação e a aceitação sejam maiores entre formadores de opinião.

O material utilizado na confecção do protótipo responde às demandas da sustentabilidade tendo em vista que foi reaproveitado para construção de outro objeto de terra apiloada podendo ser um insumo para a produção de outros objetos.

5.1 SUGESTÃO TRABALHOS FUTUROS

Esta pesquisa não irá esgotar os assuntos relacionados à terra e a tecnologia de construção com terra, mas sim continuar a discussão envolvendo tecnologias atuais com o uso de materiais “antigos”.

Desta forma, é sugerida a realização de pesquisas a fim de complementar o assunto tais como:

- realizar pesquisas de objetos de terra crua utilizando a técnica do adobe;
- desenvolvimento de objetos pequenos extrudados em terra crua;
- desenvolvimentos de moldes para peças vazadas de terra crua com técnicas variadas.
- desenvolver o custo/benefício da execução de objetos/moldes em terra crua

REFERÊNCIAS

- AEDO, W.C. **Test Carazás: manual pedagógico, testes de correlação das três fazes da terra**. França, A+telle Edições, 2017.
- BARATTO, R. Prefeitura de Conde divulga resultados do concurso para UBS na comunidade quilombola do Gurigi, **Archdaily**, maio, 2019.
- BARRETO, B. D. H. T. **Arquitetura temporária: proposição de módulo educacional temporário para instituições públicas do Brasil dedicados à educação de jovens e adultos no meio rural sob a ótica de minimização do gasto energético**. Dissertação, Programa de pós graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2017.
- BATISTA, C. F. N. **Ensaio Fundamentais para a Pavimentação e Dimensionamentos dos Pavimentos Flexíveis**. V 1, 2 ed, Porto Alegre: Editora Globo, 1976.
- BAX, M. P. **Design Science: filosofia da pesquisa em ciência da informação e tecnologia**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO (ENAMCIB), XV, 2014, Belo Horizonte. Anais [...]. Belo Horizonte, 2014. p 3883 – 3903.
- BERGE, B. **The ecology of building materials**, 2. ed. Oxford: Elsevier, Architectural Press, 2009.
- BRAGA, A., ROCHETA, V. **A construção em terra e a sustentabilidade**. Faro: Universidade do Algarve, Escola superior de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, 2006.
- BRANDÃO, C. A. L. A república da Arquitetura, **Revista USP**, nº 59, p 8-21, set/nov/2003, São Paulo.
- CARNIDE, S. J. F. **Ephemeral Architectures for exhibitions: temporary pavilion in Rome**. Dissertação Mestrado em Arquitetura) - Técnico Lisboa, Lisboa, 2012.
- CARVALHO, T. M. P.; LOPES, W. G. R. **A arquitetura de terra e o desenvolvimento sustentável na construção civil**. In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO (CONNEPI), VII, 2012, Palmas, Anais [...]. Palmas, Tocantins, IFTO, 2012.
- CHAPPEL, B. **Ephemeral architecture: towards a definition**. 2014.
- CHIAPEERO, R. O.; SUPISICHE, M. C. **Arquitectura en tierra cruda**. Buenos Aires: Universidad de Palermo, 2003.
- CHUKCHI ART. **Yaranga** 2011, disponível em: <http://dinets.info/chukart.htm>. Acesso em: 11 abr. 2018.
- COBRIR. **Técnica de construção com terra**. Bangalore, Índia. Disponível em: <http://www.ecoarquitectura.eu/home.html>. Acesso em: 12 jul. 2019.

COMPACTAR. **Técnica de construção com terra: prensa manual blocos**, Mecaluz Logismarket. Disponível em: www.logismarket.ind.br/mecamig-industrial/prensa-manual-blocos-ou-tijolos/4723294727-2011661759-p.html/. Acesso em: 12 jul. 2019.

COMPACTAR. **Técnica de construção com terra: BTC (bloco de terra compactada)**. JPN, Universidade do Porto. Disponível em: <https://jpn.up.pt/2012/12/14/arquitetura-de-terra-uma-reinvencao-para-o-futuro/>. Acesso em: 12 jul. 2019.

COMPACTAR. **Técnica de construção com terra: taipa de pilão**. Disponível em: <https://jpn.up.pt/2012/12/14/arquitetura-de-terra-uma-reinvencao-para-o-futuro/>, www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-taipa-de-pilao.html. Acesso em: 12 jul 2019.

CONVERSADEIRAS. **Assim mesmo**. Colégio São Bento, São Paulo, 2006. Disponível em: <http://letratura.blogspot.com/2006/11/lxico-conversadeira.html>. Acesso em 12 jul. 2018.

CORREIA, A. M. M. **Enterprise architecture: um modelo de gestão por processos para parques científicos e tecnológicos**. Tese (Doutorado em Administração) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2016.

CORTAR. **Técnica de construção com terra: Burkina Faso**. Disponível em: www.magnusmundi.com/lateita-os-tijolos-de-burkina-faso/. Acesso em: 12 jul. 2019.

ÇAGDAS, V.; STUBKJAER, E. **Design research for cadastral systems**. Computer, Environment and Urban Systems, n. 35, p. 77 - 87, Turquia, 2011.

DABAIEH, M. **Building with Rammed Earth: a practical experience with Martin Rauch**, Lund: Lund University, 2014.

DAR FORMA. **Técnica de construção com terra: The Citizen Pavilion**. Zaragoza, 2008. Disponível em: <https://eartharchitecture.org/?p=453>. Acesso em: 12 jul. 2019.

DERRAMAR. **Técnica de construção com terra: Grands Ateleiers**. Villefontaine, 2016. Disponível em <http://www.lesgrandsateliers.org/>. Acesso em 12 jul. 2019.

DRESCH, A. **Design Science e Design Science research como artefatos metodológicos para Engenharia de Produção**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2013.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JÚNIOR, J.A. V. **Design Science Research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**, Porto Alegre: Bookman, 2015.

DURMISEVIC, E. **Transformable building structures: design for disassembly as a way to introduce sustainable engineering to building design & construction**. Sarajevo: Universiteit Sarajevo, 2006.

EARTH PRISM. **A small area of a land**. Havaí, 2013. Disponível em: <http://www.bldgblog.com/2013/04/earth-prism/>. Acesso em 12 abr. 2018.

EASTON, D. **The rammed earth houses**, White River Junction: Chelsea, Green Publishing Company, 1996.

EMPILHAR. **Técnica de construção com terra: parede sem argamassa**. In: MINKE, G.; DUNNE, A. **Building with earth**. Alemanha, 2006.

ESCAVAR. **Técnica de construção com terra: escola em Fenghua, China**. Disponível em: http://archiwatt.ch/CAMPUS_uni/module_building/archi_vernaculaire/page_02_english.htm. Acesso em 12 jul. 2019.

EXPO 2008 - INTERNACIONAL EXHIBITION ZARAGOZA. **Citizen Initiatives Pavilion “El Faro”**. Espanha, 2008. Disponível em: <https://i1.wp.com/sinergiq.com/wp-content/uploads/2015/09/Expo-Zaragoza-2.jpg?resize=845%2C684>. Acesso em 12 abr. 2018.

EXTRUDAR. **Técnica de construção com terra: escola em Fenghua, China**. Disponível em: http://www.earth-auroville.com/extruded_earth_en.php. Acesso em 12 jul. 2019.

FONTES, A. S. **Intervenções temporárias e marcas permanentes na cidade contemporânea**. Arquiteturarevista, v 8, n. 1, p. 31-48, jan./jun. 2012.

GATTI, F. **Arquitectura y construcción em tierra: estudio comparativo de las técnicas comtemporanea em tierra**. Universidad Politecnica da Catalunya, Departamento de Construcción Arquitectónica, 2012.

GOMES, M.I.; GONÇALVES, T.; FARIA, P. **Unstabilised rammed earth: characterization of material collected from old construction in south Portugal and comparison to normative requirements**. International Journal of Architecture Heritage, Taylor & Francis, v 8, n. 2, 2014.

GALLIPOLI, D.; BRUNO, A. W.; PERLOT, C.; MENDES, J. A. **A geotechnical perspective of raw earth building**. Pau: Université de Pau et des Pays de l'Adour, 2017.

GRAÇA, A.R.C. **O contributo do arquiteto na criação de festivais de música – a cidade, o porto e a arte: Residência artística em Sines**. Trabalho final de graduação - Instituto Universitário de Lisboa, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Lisboa, 2016.

GRIGOLETTO, S.; PAUL, J.; LEBEAU, F.; COURARD, L.; MOUTSCHEN, P. **Applications de la terre crue em construction**. In: CONFERENCE INTERNATIONALE FRANCOPHONE NOMAD (Nouveaux Matériaux et Durabilité), Douai, France, nov. 2015.

HEISE, A. F. **Desenho do processo e qualidade na construção do painel monolítico de solo-cimento em taipa de pilão**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

HEVNER, A.R. **A three cycle view of Design Science Research**. Scandinavian Journal of Information Systems, v. 19, art. 4, Florida, 2007.

HOFFMANN, M. V. **Efeito dos argilominerais do solo na matéria-prima dos sistemas construtivos com solo cal**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2002.

HOUBEN, H.; GUILLAUD, H. **Earth Construction**. London: Intermediate Technology Publications, 1994.

ICELAND. **O abrigo congelado que esquenta**. Iceland, 2018. Disponível em: www.icelandcampos.com.br/iglu-o-abrigo-congelado-que-esquenta. Acesso em 12 abr. 2018.

INFANTE, M. M. P. A. A. **Arquitetura de resposta a situações de emergência: intervenção em Bohol**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Universidade de Lisboa, Lisboa, 2014.

JALALI, S.; EIRES, R. **Inovações científicas de construção em terra crua**. In: 1ª Conferência Internacional – Angola: Ensino, Investigação e Desenvolvimento, Braga, Portugal, 2008.

JORGE, L. A. **O eterno presente: entretempo, sincronia e efemeridade**. In: 1º Colóquio Internacional ICHT 2016 - Imaginário: Construir e Habitar a Terra: Cidades 'Inteligentes' e Poéticas Urbanas, Universidade de São Paulo, 2016.

KORMANN, A. C. M. **Comportamento geomecânico da formação Guabirotuba: estudos de campo e laboratório**. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

LACERDA, D.P.; DRESCH, A.; PROENÇA, A.; ANTUNES FILHO, J.A.V. **Design Science Research: método de pesquisa para a Engenharia de Produção**. Gestão de Produção, v. 20, n. 4, p. 741 - 761, São Carlos, 2013.

MACHADO Jr., C. R. **Abrigo portátil emergencial**. *Journal Interdisciplinary*, v. 1, n. 1, p. 13-42, jul/dez. 2017. Caraguatatuba, São Paulo, 2017.

MAEDER, V. **Solid Earth Adobe Buildings: Earthbuilding construction and adobe brick manufacture**. New Zealand, 2017. Disponível em: <http://www.solidearth.co.nz/techniques-rammed-earth-cob-wattle-daub.php>. Acesso em 12 ago. 2017.

MENDES, C.; VERÍSSIMO, C.; BITTAR, W. **Arquitetura no Brasil, de Cabral a Dom João VI**. Imperial novo milênio, Rio de Janeiro, 2007.

MINKE, G. **Building with Earth – Design and technology of a sustainable architecture**. Birkhauser, Berlin, feb.2006.

MISHRA, S. **Utilization of Earth Technologies for sócio-Economy Upliftment**. *SSRG International Journal of Civil Engineering (SSRG-IJCE)*, v. 2, n. 5, 2015.

MODULAR. **Técnica de construção com terra: blocos de adobe**. Picorelli. Disponível em: <https://lecycpicorelli-bioarquitetura.blogspot.com/>. Acesso em 12 jul. 2019.

MOLDAR. **Técnica de construção com terra: Casas Musgum.** *Archdaily*, Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/01-167330/arquitetura-vernacular-casas-musgum-nos-camaroes>. Acesso em 12 jul. 2019.

NEVES, C. M. M.; FARIA, O. B.; ROTONDARO, R.; SALAS, P. C.; HOFFMANN, M. **Seleção de solos e métodos de controle em construção com terra – práticas de campo.** Projeto de investigação XIV6 PROTERRA, Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento, maio 2005.

NEVES, C.; FARIA, O.B. **Técnicas de Construção com Terra.** FEB – UNESP, PROTERRA, 79 p., Bauru, São Paulo, 2011.

PÁDUA, M. **Arquitetura de terra.** ABCTerra - Associação Brasileira de Construções em terra, 2016.

PAZ, D.J.M. **A forma do temporário: aspectos metodológicos do estudo dos grandes eventos de rua.** III ENANPARQ – Encontro da Associação Nacional de pesquisa e pós-graduação em Arquitetura, Cidade e Projeto: uma contribuição coletiva, São Paulo, 2014.

PAZ, D. J. M. **Do eterno ao instantâneo – questões que aparecem quando se projeta para a efemeridade.** PROJETAR 2015, Natal, 30 set a 2 out de 2015.

PESSOA, L. **A volta das construções com terra.** Cruzeiro do Sul, revista online 2018, São Paulo.

PINHEIRO, L.; RANGEL, B.; GUIMARÃES, A.; SILVA, A. **Panorama da produção de obras em terra crua com design contemporâneo nos últimos 60 anos.** 2º Congresso Internacional de Histórias da Construção Luso-Brasileira, Instituto Federal do Ceará, Brasil, Universidade do Porto, Portugal, 2016.

PISANI, M. A. J. **Taipas: a arquitetura de terra.** Sinergia, v 5, n. 1, p. 9- 15, São Paulo, 2004.

POVO SAMI. **Goathl.** Anátoma, 2012. Disponível em: www.ecoanarcotico.blogspot.com. Acesso em 12 abr. 2018.

PREENCHER. **Técnica de construção com terra.** World Architects, 1995. Disponível em: <https://www.world-architects.com/en/rural-studio-newbern/project/yancey-tire-chapel>. Acesso em 12 abr. 2018.

PROJETOS UBS GURUDI. **Prefeitura de Conde divulga resultados do concurso para UBS na comunidade quilombola Gurugi.** *Archdaily*, 2019. Disponível em: www.archdaily.com.br/br/916307/prefeitura-de-conde-divulga-resultados-do-concurso-para-ubs-na-comunidade-quilombola-do-gurugi. Acesso em 27 jul. 2019.

QUINTELLA, I.P.C.P.; FLORÊNCIO, E.Q.; FERREIRA, I.C. **Making Pavilions: os pavilhões temporários no contexto das faculdades de Arquitetura e Urbanismo.** SIGraDi 2016 - XX Congresso de La Sociedad Ibero-Americana de Gráfica Digital, 9-11 nov., Buenos Aires, Argentina, 2016.

RAMMED EARTH AT BIENALE DI VENEZIA 2012. **There is nothing new under the sun.** *Earth architecture*, Veneza, 2012. Disponível em: <http://eartharchitecture.org/uploads/altiplano3.jpg>. Acesso em 12 abr. 2018.

RAMMED EARTH IS FOR EVERYONE. **Rammed earth stoves in Malawi.** Malawi, 2010. Disponível em: <http://rammedearth.blogspot.com/2010/03/rammed-earth-stoves-in-malawi.html>.

RIBEIRO, L., **Contribuição às construções em terra comprimida e compactada e influências no conforto.** Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

SANTOS, A dos. **Seleção do método de Pesquisa.** Insight Editora, 2018.

SCHIMIDT, C. B. **Construções de taipa.** Secretaria da Agricultura do estado de São Paulo, n. 774, São Paulo, 1946.

SILVA, C. G. T. **Conceitos e preconceitos relativos às construções em terra crua.** Dissertação (Mestrado) - Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, 155 f., mar. 2000.

SILVA, L. de J.; CANFOLONIERI, A. M. de M. M.; AMORIM, F.S. **Relato de uma experiência usando a clara do ovo na dermatite amoniaca no Centro de convivência infantil do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia,** Brasília, 1991.

TAIPA DE PILÃO CONTEMPORÂNEA. **A volta das construções com terra.** 2018. Disponível em: <https://www.jornalcruzeiro.com.br/suplementos/casa-e-acabamento/a-volta-das-construcoes-com-terra/>.

TORGAL, F.P.; JALALI, S. **Lessons from the past for future eco-efficient constructions.** University of Minho, Portugal, 2012.

TRIGOSO, A.F.A. **Arquitetura: a arte de [não] saber cair.** Dissertação (Mestrado) - FCTUC, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Portugal, 2013.

TZONIS, A.; LEFAIVRE, L. **Porque regionalismo crítico hoje? – The grid and pathway: a introduction to the work of Dimitris and Susana Antonakakis, with Prolegomena to a history of culture of modern Greek architecture.** *Architecture in Greece*, n. 15, 1981.

VAN AKEN, J. E. **Management Research bases on the paradigma of Design Science: the quest for field-tested and grounded technological rules.** *Journal of Management studies*, Alden, USA Blackwell Publishing Ltda, 2004.

VAN EIJK, D.; SOUZA, V. C. M. **Surgimento, desenvolvimento e desaparecimento da técnica da taipa de pilão no Brasil.** Associação Profissional de Conservadores Restauradores de Portugal, *Conservar Patrimônio*, n. 3 – 4, p. 17 – 24, dez. 2006, Lisboa, Portugal.

VEIGA, A.C.N.R.; ANDERY, P.R.P. **Gestão do processo de design de arquitetura efêmera em museus.** *Ambiente Construído*, v. 14, n. 4, p 201-215, Porto Alegre, 2014.

WALKER, P.; MANIATIDIS, V. **A Review of rammed earth construction**. Partners in Innovation Project: Developing Rammed Earth for UK housing, Natural Building Technology Group, Department of Architecture & Engineering, University of Bath, UK, maio 2003.

WALSH, N.P. **Renzo Piano projeta hospital em Uganda com paredes de taipa de pilão**. *Archdaily*, abr. 2019.

WOLKE, R. L. **O que Einstein disse ao seu cozinheiro – a ciência na cozinha**. Jorge Zahar Editor, Rio de Janeiro, 2003.

ZAM, M.; LEE, A. **Economic benefits of contemporary earth construction in low cost urban housings**, *Build Apprais*, v. 5, p. 25, 2010. DOI:10.1057/jba 2009.32.

APÊNDICE A – LUMINÁRIA EM TAIPA DE PILÃO

Dentro do estudo de taipa de pilão optou-se criar outro protótipo com uma utilidade diferente do porta-vasos utilizando o restante do solo. Dos 50 kg de solo coletado, foram usados apenas 19,5 kg para o protótipo do porta-vasos. Nesse protótipo utilizou-se clara de ovo na composição com a proposta de tornar mais resistente. A clara do ovo é formada de diversas camadas de substâncias albuminoides e de água. Além dessas substâncias a clara contém glucose, substâncias gordurosas, substâncias extrativas e alguns minerais. Aproximadamente 55% da clara é constituída de ambúmen espesso (SILVA et al, 1991). Em temperaturas diferentes as proteínas da clara do ovo coagulam. (WOLKE, 2003).

O material utilizado para a confecção do protótipo está descrito na tabela 5.

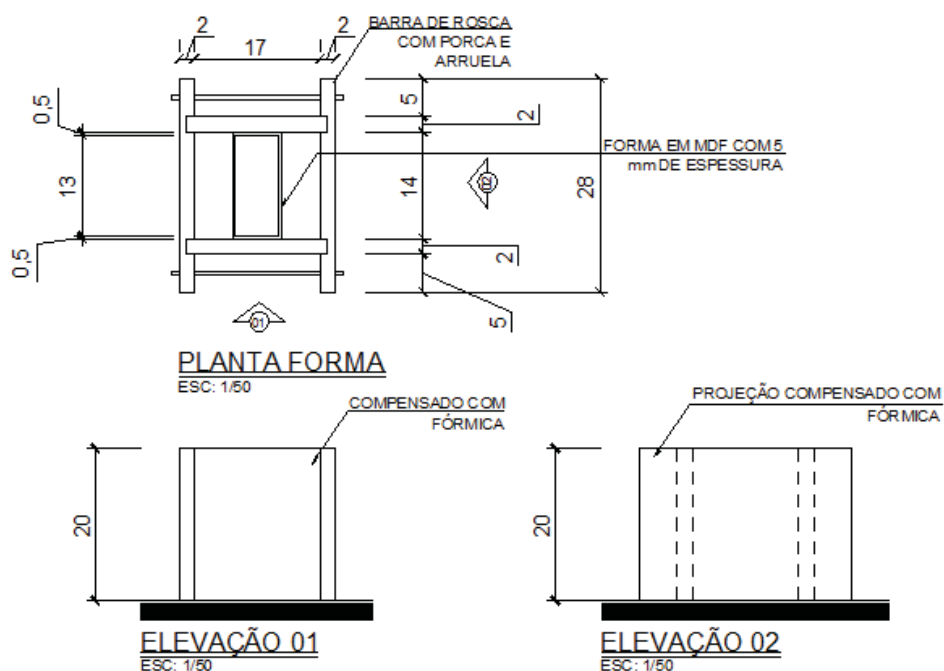
TABELA A1 – MATERIAIS UTILIZADOS NO PROTÓTIPO

<i>Item</i>	<i>Necessário</i>
SOLO ARENOSO	8 kg
AREIA	4 kg
COMPENSADO COM FÓRMICA	ver projeto
BARRAS DE AÇO ROSQUEADAS	4ø ¼ c/ 50 cm
CONJ. PORCA EPARAFUSO	8 unidades
COMPACTADOR	maquetaria

FONTE: A autora (2018).

O desenho das formas foi pensado para que acomodasse uma lâmpada no seu interior. Foi feito como mostra a FIGURA A1.

FIGURA A1– DETALHE FORMA PROTÓTIPO



FONTE: A autora (2018)

A forma foi executada em uma marcenaria parceira. As chapas utilizadas para fazer as formas foram fornecidas pelo departamento de Arquitetura e urbanismo da UFPR. Estas chapas eram de compensado com um lado revestido de fórmica e a forma interna, onde fica a lâmpada, é feita de MDF com espessura de 3 mm (FIGURA A2).

FIGURA A2 - FORMA LUMINÁRIA



FONTE: A autora (2018)

A primeira camada foi feita em maior proporção, pois era a base da luminária.

Na primeira camada foram utilizados 2 kg de terra solta peneirada e seca mais 1 kg de areia mais 250 ml de clara em neve mais 250 ml de água. (FIGURA A3)

FIGURA A3 - MISTURA



FONTE: A autora (2018)

A primeira camada serviu para apoiar a forma menor, que foi impermeabilizada com cera líquida para não aderir terra na hora da desmontagem (FIGURA A4)

FIGURA A4- 1ª CAMADA DE TERRA E FORMA MENOR



FONTE: A autora (2018)

Durante a execução de cada camada, foi executado o “*droptest*” para avaliação da umidade ótima. A primeira camada tem uma composição diferente das demais, mas as outras camadas seguem a composição da segunda camada.

Na segunda camada foi utilizado 1 kg de terra mais 500 gr. de areia mais 125 ml de clara em neve mais 125 ml de água. Foram feitas sete camadas e todas tiveram a mesma composição e proporção da segunda camada.

A terra foi lançada e compactada com golpes contínuos com o mesmo compactador do outro protótipo (FIGURA A5)

FIGURA A5 - COMPACTADOR



FONTE: A autora (2018)

A desforma (FIGURA A6) foi feita logo após a conclusão da compactação. A forma menor teve que ser demolida, pois devido à compactação, estava muito resistente.

FIGURA A6 – DESFORMA E LUMINÁRIA PRONTA



FONTE: A autora (2018)

A luminária foi desenvolvida em um período muito curto de tempo, apenas dois dias (TABELA A2). A execução da luminária não despendeu tempo, o que realmente consumiu tempo foi a preparação da terra, mas no caso da luminária, a terra já estava pronta pois foi utilizado o restante de solos usados nos protótipos dos porta-vasos.

TABELA A2 – CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO (NOV E DEZ 2018)

SEGUNDA	TERÇA	QUARTA	QUINTA	SEXTA	SABADO	DOMINGO
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
					•MISTURA COMPACTAÇÃO E CURA 1ª CAMADA	• CURA
26	27	28	29	30	1	2
• CURA	• CURA	• CURA	• CURA	• CURA	•EXECUÇÃO 2ª, 3ª, 4ª E 5ª CAMADA. • DESFORMA	
3	4	5	6	7	8	9
• CURA	• CURA	• CURA	• CURA	• CURA	• CURA	• CURA

FONTE: A autora (2018)