

# Bioconstrucción: Sistemas Sostenibles y Eficientes

Bioconstruction: Sustainable and Efficient Systems

Bioconstrução: Sistemas Sustentáveis e Eficientes

**João Pedro da Silva<sup>a</sup>**  
**Leonardo Dias Diversi<sup>a</sup>**  
**Nichollas Bartho de Oliveira Santos<sup>a</sup>**  
**Felipe Diogo Lima dos Santos<sup>a</sup>**  
**Angie Lizeth Espinosa Sarmiento<sup>a</sup>**  
**Diego Mauricio Yepes Maya<sup>a</sup> Jesús**  
**António Garcia Sanchez<sup>a</sup> Carolina**  
**Quintero Ramirez<sup>b</sup>**

<sup>a</sup> Universidade Federal de Itajubá, Brasil, TIES  
(Tecnologias Integradas e Engenharia Sustentável)  
IEM- Instituto de Engenharia Mecânica,  
joaojp\_silva@unifei.edu.br  
leonardodiversi@unifei.edu.br  
nichollas.b@unifei.edu.br  
felipediogo@unifei.edu.br  
angieespinosa@unifei.edu.br  
diegoyepes@unifei.edu.br  
jesus@unifei.edu.br

<sup>b</sup> Universidade de São Paulo (USP) - Escola de Engenharia de São Carlos.  
Email: carolqr@sc.usp.br

**Resumen**— El desarrollo de tecnologías sostenibles está ganando cada vez más atención, motivados por la demanda de técnicas de construcción ecológica, se estudiaron dos técnicas de bioconstrucción para el futuro desarrollo de un manual práctico; esto con el fin de democratizar el conocimiento y reactivarlo, protegiendo así el ecosistema. Entre las técnicas abordadas están: el bloque de tierra compactada, el cual tiene como principio básico la capacidad de la tierra para formar un agregado resistente a partir de su compresión. El Bahareque es una de las construcciones más sencillas y rápidas, su sistema constructivo se basa en la combinación de maderas y cañas entre tejidas con un recubrimiento de barro, donde se aplica una mezcla, con el fin de llenar los vacíos, una construcción ligera que no requiere tanto de suelo. La adición de aleaciones (como ceniza de caña de azúcar, cascarilla de arroz y brachiaria) genera mejor resistencia a la compresión mecánica y menor absorción de agua de los bloques, favoreciendo la reutilización de materiales desechables y ahorrando recursos. Finalmente, el incremento en la utilización de materiales como este permitirá al sector reducir significativamente su huella ambiental, especialmente considerando la reducción de la cantidad de hormigón utilizado y los residuos producidos en el proceso.

**Palabras clave**— Aleaciones, bahareque, bioconstrucción, bloque de tierra comprimida, construcción de tierra, manual.

**Abstract**— The development of sustainable technologies is gaining more and more focus. Motivated by the demand for ecological construction techniques, two bioconstruction techniques were studied for the future development of a practical manual; this in order to democratize knowledge and revive them, thus protecting the ecosystem. Among the techniques covered, the compacted earth block has as its basic principle the capacity of the earth to form a resistant aggregate from its compression. Bahareque is one of the simplest and quickest for construction: its construction system is based on the combination of wood and reeds between woven with a mud coating, where a mixture is applied, in order to fill the voids left by the plot, a light construction that does not require so much of the soil. The addition of alloys (such as sugar cane ash, rice husk and brachiaria) generates better resistance to mechanical compression and less water absorption from the blocks, encouraging the reuse of disposable materials and saving resources from the earth. Finally, the increase in materials like this will allow the sector to significantly reduce its environmental footprint, especially considering the reduction in the amount of concrete used and the waste produced in the process.

**Keywords**— Alloys, bahareque, bioconstruction, compressed earth block, earth construction, manual.

**Resumo** — O desenvolvimento de tecnologias sustentáveis ganha cada vez mais enfoque. Motivado pela demanda de técnicas ecológicas de construção, foram estudadas duas técnicas de bioconstrução para a futura elaboração de um manual prático; isto com o intuito de democratizar o conhecimento e reviver-as protegendo assim o ecossistema. Dentre as técnicas abordadas, o bloco de terra compactada tem como seu princípio básico a capacidade da terra em formar um agregado resistente a partir de sua compressão. O Bahareque é uma das mais simples e rápidas para construção: seu sistema construtivo é baseado na combinação de madeiras e bambu entrelaçados com um revestimento de barro, onde se aplica uma mistura, com o intuito de preencher os vazios deixados pelo tramado, uma construção leve que não exige tanto do solo. O acréscimo das ligas (como a as cinzas da cana-de-açúcar, casca de arroz e braquiária) gera uma melhor resistência à compressão mecânica e uma menor absorção de água dos blocos, fomentando o reuso de materiais descartáveis e gerando uma economia de recursos da terra. Por fim, o aumento de materiais como este permitirá ao setor uma redução considerável na pegada ambiental, considerando principalmente a redução da quantidade de concreto utilizado e de lixo produzido no processo.

**Palavras chave**— Bahareque, bioconstrução, bloco de terra comprimido, construção em terra, ligas, manual.

## I. INTRODUÇÃO

Um dos problemas que se destaca pelo mundo relaciona-se à falta de habitação digna para todos. Segundo o jornal BBC, em 2018, havia mais 6,9 milhões de famílias sem casa no Brasil [1], e mais de 5,1 milhões de domicílios em condições precárias no país, dado exposto pelo G1 referente às pesquisas do [2]. Diante de tais entraves, é mister refletir sobre possibilidades para se resolver essa importante questão.

Em busca da eficiência e sustentabilidade, a construção em terra, conhecido também como bioconstrução, surge como uma solução. As técnicas utilizadas pelos nossos ancestrais voltam a se tornar destaque quando o assunto é impacto ambiental, uma vez que os modelos convencionais empregados na construção civil utilizam, em grande parte das obras, elevadas quantidades de concreto e aço, o que torna este setor um dos mais poluentes da sociedade no século XXI [16]. A onda de sustentabilidade exige do setor adaptações, e neste viés, surge o manual desenvolvido, que conta com a descrição e as aplicações de quatro técnicas sustentáveis e eficientes de construção em terra.

Com o desenvolvimento da construção civil, a descriminalização com a construção em terra, sendo vista como algo precário e presente na parcela mais carente da sociedade. Diante dos fatos anteriormente descritos, o documento como este contribui para a

para a democratização do conhecimento de pesquisadores e de pessoas interessadas em construir a própria casa, pois existem poucas fontes confiáveis para a confecção da construção em terra.

A abordagem do conteúdo no manual é feita de modo didático visando atingir o maior número de leitores. A confecção do trabalho foi baseada em consultas a normas vigentes no Brasil, e quando não encontradas normas brasileiras, foram adaptadas normas de países da América do Sul, como a norma colombiana NSR-10 (1997) – *Reglamento Colombiano de construcción sismo resistentes*.

O conceito de Bioconstrução está atrelado à utilização de materiais provenientes da natureza como matéria prima para a construção civil, contribuindo desta forma para um baixo custo na compra de material. Ademais, existem outras características marcantes nas construções de terra, como o elevado conforto térmico, bem como a integração da unidade construída com o meio ambiente a sua volta, causando pouco impacto se comparado com as técnicas tradicionais de construção [3].

A Bioconstrução utiliza a natureza como modelo, optando sempre por formas mais orgânicas, otimizando o espaço e o material. Além de utilizar propriedades da natureza a favor da edificação, como o aproveitamento da iluminação zenital, o gerenciamento da água coletada da chuva e a utilização de resíduos nos ciclos naturais.

Quando o assunto é construção da estrutura da casa as principais técnicas que surgem são: Bahareque, Taipa, Bloco de terra compactado (BTC). Estas são técnicas que geram poucos resíduos e são relativamente simples de executar.

A terra é um dos materiais de maior abundância no planeta, e dessa maneira, apresenta um forte impacto na vida do ser humano. É a partir da terra que o homem consegue produzir suas riquezas, extrair minérios importantes e produzir seus alimentos, configurando assim uma das principais fontes de manutenção da vida no planeta. Além dessa relevância, o solo ainda se caracterizou como uma das principais matérias primas para a construção das habitações humanas ao longo da história, existindo registros desde os anos 12000 a 7000 acc., no período Neolítico, quando os primeiros povos nômades iniciaram o processo de fixação ou sedentarização.

Os materiais utilizados no desenvolvimento das primeiras moradias humanas eram basicamente substâncias oriundas da terra (como lama, pedaços de barro, pedras, madeiras e fibras naturais). Entretanto sempre se utilizava terra ou barro, cuja granulometria e o grau de umidade determina o sistema construtivo[4]. Assim, a terra constituiu uma forma natural de construção desde que humanidade iniciou estes labores.

Um dos maiores exemplos da importância da construção em terra é A Grande Muralha da China "cuja

construção se iniciou há aproximadamente 3000 anos e apresenta traços bastante extensos construídos em taipa". Entre outras estruturas imponentes construídas com terra está a Pirâmide de Uxmal, no México, que foi construída a partir de terra compactada – parte central do templo – e seu exterior é recoberto com pedras[5].

## II. MATERIAS E MÉTODOS

As propriedades do solo são muito importantes para determinar a suas diferentes aplicações nas diversas técnicas de construção em terra. Uma das principais etapas do conhecimento das propriedades da terra para aplicação na construção é a determinação dos constituintes do solo, ou seja, especificar a quantidade de *silte* (Lodo), argila e areia que formam esse solo dirão muito sobre suas propriedades[5].

Existem quatro principais propriedades da terra, sendo elas: a textura ou granulometria; a coesão; a plasticidade e a capacidade de compactação[6]. Sendo assim, é importante conhecer a definição dessas propriedades: a granulometria - a coesão refere-se a capacidade do solo em manter suas partículas unidas por meio de ligações iônicas entre estas, sendo a argila a principal responsável por essa coesão devido a sua elevada carga iônica; a plasticidade se define como a capacidade do solo de se deformar sem

que se rompa ou se desintegre, de acordo com Neves et al., e finalmente, a capacidade do solo de ser conformado sob certa pressão e umidade refere-se a propriedade da compactação [7].

A granulometria da terra é um fator preponderante para seu uso na construção. As terras mais argilosas, ou seja com grãos menores, possibilitam uma maior compactação, além de uma elevada retenção de água [8]; portanto a quantidade de argila está diretamente ligada a capacidade de molde da terra, uma característica essencial para a bioconstrução. Já os solos arenosos, devido a suas partículas serem maiores, não possuem o mesmo nível de molde e de compactação quanto os solos argilosos, sendo descartado seu uso na construção.

Uma maneira de identificar a composição do solo é realizando um experimento simples: Coloque água em um recipiente (garrafa Pet, jarras ou copo transparente) de 500 ml ou mais, e então coloque 400 g ou dois palmos de terra no recipiente, depois misture e deixe o recipiente em uma superfície plana e estável durante 12 horas. As partículas maiores (areias) irão descer rapidamente ficando no fundo, enquanto as partículas menores (Argila) descerão lentamente ou ficarão suspensas na superfície, essa diferença de velocidade de decantação irá separar em camadas cada tipo de grão, a camada de areia ficará por baixo enquanto de argila ficará na camada de cima (Figura 1).



Fig. 1. Ensaio de granulometria por sedimentação

Fonte: Autores

Como mostrado na Figura 1, uma terra com 30% ou mais de argila é uma terra considerada argilosa, e para um melhor entendimento divide-se em três partes iguais a seção ocupada pela terra no fundo do recipiente, caso a camada de cima ocupe uma ou mais parte dessas três partes divididas então teríamos mais que 30%, portanto a terra analisada é uma terra argilosa.

As técnicas de bioconstrução exigem do solo um nível de plasticidade e uma análise rápida para identificar o tipo de solo é realizada de tal forma: Uma porção de solo úmida é depositada na palma da mão e então forma-se uma “bolinha” de terra com as duas mãos; após esta etapa da “bolinha” movimentam-se as mãos até formar uma “cobrinha” (Figura 2); e então unem-se uma ponta à outra. Se em alguma dessas etapas houver trincos ou ruptura do corpo de prova, então o solo em questão tem um teor de argila baixo.



Fig. 2. Teste de plasticidade "Teste da cobrinha"

Fonte: Autores

### III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### Bahareque

Das técnicas abordadas uma das mais tradicionais é o Bahareque, conhecido também como Pau-a-Pique, esta técnica construtiva consiste na confecção de um tramado com colunas verticais fixadas no solo, e vigas horizontais, vide figura 3, geralmente de bambu amarradas com cipós, fibras ou arames, dando origem a um painel com vazios, que em seguida é preenchido com uma mistura de terra, areia e água, e então, após o período de secagem da terra, a parede está finalizada, exercendo a função de preenchimento de vãos, dividindo ambientes[9].

O tramado pode ser construído com diversos materiais, o mais comum é o bambu, e as espécies mais comuns usadas nesta técnica, são o Brasileiro [10],[11], outra alternativa é a utilização de madeira ao invés do bambu, segundo a NBR 7190/1997 – Projetos e estruturas de madeiras, as mais resistentes são as espécies Guaiçara e Jatobá.

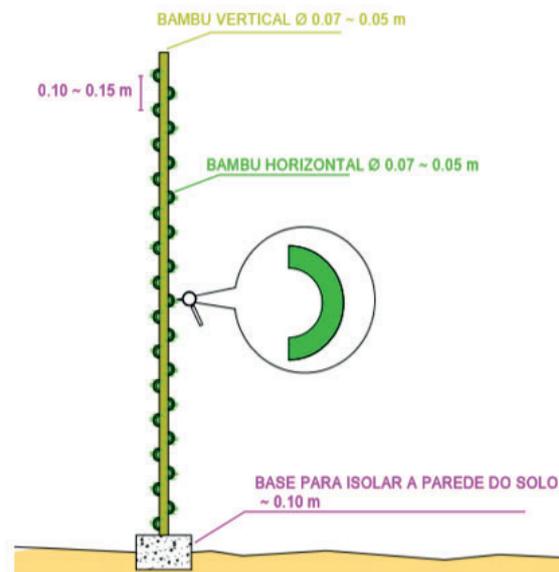


Fig. 3. Disposição do tramado

Fonte: Autores

Quanto a mistura, o ideal para o Pau-a-Pique é a utilização de uma mistura plástica, pois são elas que têm grande capacidade de se moldar e compactar a um formato ou estrutura. Para que um solo tenha plasticidade é necessário que este material possua, na sua composição, uma grande proporção de partículas finas, ou as chamadas argilas, são elas que fornecem a plasticidade para a liga que será aplicada [12]. O solo muito plástico pode ser corrigido com areia, mas o solo pouco plástico não pode ser corrigido e não deve ser usado.

#### Bloco de terra comprimido -BTC

O BTC se caracteriza pela sua sustentabilidade. Atualmente, a sociedade humana necessita de soluções práticas sustentáveis em diversos setores, partindo desde o setor

industrial até a construção civil. As soluções para um desenvolvimento sustentável dentro da construção civil devem compreender as etapas de projeto, atividade de construção e uso e manutenção das edificações[13]. Dessa forma, a fim de se projetar uma pequena casa, serão apresentados os pormenores teóricos e detalhes práticos para a confecção de uma edificação utilizando o BTC, compartilhando com o leitor os conhecimentos e desenvolvimentos tecnológicos relacionado a construção com os blocos de terra compactada.

Os BTC, além das vantagens em relação a sustentabilidade e a facilidade de se encontrar a matéria-prima principal, a terra, existe também a disponibilidade de se produzir blocos de diferentes tamanhos e formatos, com uma simples alteração na caixa de molde de prensagem.

A confecção do BTC é relativamente simples, já que se exige apenas um equipamento capaz de prensar os elementos de sua composição em uma carga de compressão determinada, de aproximadamente 2 MPa para tijolos estabilizados com cimento Portland [14]. A prensa CINVA-RAM é o dispositivo mais simples que se pode utilizar para tal processo, uma vez que a origem da força vem do próprio ser humano que estiver operando-a, sendo um dispositivo mecânico relativamente simples, vide a figura 4.



Fig. 3. Homem utilizando uma CINVA-RAM  
Fonte: [14]

Para tanto, deve-se considerar que a configuração da construção feita de BTC segue um padrão muito semelhante a construção com blocos feitos de cimento, ou seja, a estruturação do muro/parede tem o mesmo modelo de uma construção comum. A diferença primordial da construção com bloco de terra para a alvenaria convencional é a substituição do principal insumo, o bloco de alvenaria feito a partir de processos industriais muito poluentes e que tem uma degradação muito agressiva no ambiente para um bloco com um caráter muito mais sustentável e de fácil confecção.

### Ligas e aditivos

Dentre as três possibilidades de técnicas explicitadas pelo manual, há maneiras de aprimorar e melhorar suas características mecânicas com foco maior em ter uma construção cada vez mais sustentável, visando a reutilização de materiais, nos quais antes seriam descartados, apresentados no manual em ligas e aditivos.

O grande número de resíduos gerados pela construção civil sugere uma mudança no modo como se constrói, já que há o intuito de preservar o planeta as gerações futuras [15]. Ademais, outros autores [16] apresentam o cimento ecológico feito a partir dos resíduos da construção civil como uma opção a ser utilizada nas futuras construções, no qual atende todos os requisitos da norma vigente da ABNT.

Para a técnica de bioconstrução do bloco de terra de compactada, especifica o tratamento correto da casca de arroz para garantir a interação posterior com a parcela de cimento [17], enquanto outros autores demonstram a proporção correta de casca de arroz para a terra e o tempo necessário de cura, para atingir uma resistência mecânica superior a 1,5 Mpa, resultando um tijolo de bloco comprimido, após 28 dias de cura, exibindo 2,25 Mpa de resistência à compressão e uma absorção de água de 12,97% [18].

Análogo, outra opção também especificada é a incorporação da branquiária, casca da semente do pasto do boi [18]. De outra forma é indicado como tratar o granulado da casca, como separar e moer para atingir uniformidade, alcançando 2,16 Mpa e 12,33% de absorção de água após os mesmos 28 dias de cura [17].

As cinzas do bagaço da cana-de-açúcar são consideradas outra opção para se utilizar no bloco de terra de comprimida. Um passo a passo para

separação correta das cinzas que serão utilizadas define as proporções corretas para atingir as propriedades físicas requeridas, resultado de 1,85 Mpa quando utilizado solo argiloso e 1,94 quando utilizado solo arenoso, enquanto a absorção de água fica em 15,72 e 13,56, respectivamente [19].

Assim, nota-se uma melhora em todas as opções de liga, respeitando as normas vigentes NBR, sendo a casca de arroz a que apresenta o melhor resultado após os 28 dias de cura. De acordo com Presa (2011), um tijolo solo-cimento, sem acréscimo e nenhuma liga, obteve uma média de 16% de absorção de água, exibindo uma diferença na absorção de pouco mais que 3% quando comparado com os tijolos que possuem as ligas.

Ainda visando uma construção ecológica, pode se explicar como fazer um revestimento de terra com ligante a base de óleo de linhaça ou gesso semihidratado [20], enquanto outros autores demonstra passo a passo de um adobe natural caseiro para realizar o reboco de ambientes [21].

### III. CONCLUSÕES

O manual pretende ser uma ferramenta para qualquer leitor aprender sobre a construção em terra e executá-la, de forma didática, e além disso, cumpre um dos principais objetivos, a democratização do conhecimento, atingindo todos os níveis de formação dos leitores. Com isso, há a descrição e análise das técnicas em construção em

terra, sendo elas o bahareque, bloco de terra comprimida e taipa de pilão, além de apresentar possíveis ligas e aditivos para o melhoramento das propriedades mecânicas, e possibilidades de revestimento a base de terra, visando propiciar a popularização desse conhecimento de forma correta e didática.

Após o levantamento dos estudos já disponíveis, houve a definição e estudo das terras encontradas nas circunvizinhanças de Itajubá, MG, Brasil. Houve um desenvolvimento significativo da teoria das ligas e aditivos no manual, além do acréscimo de possíveis revestimentos de terra, apresentando possíveis materiais a serem reutilizados nas técnicas.

#### IV. REFERENCIAS

- [1] Brasil tem 6,9 milhões de famílias sem casa e 6 milhões de imóveis vazios, diz urbanista - BBC News Brasil, ([s.d.]). <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-44028774> (acessado 8 de setembro de 2020).
- [2] Brasil tem mais de 5,1 milhões de domicílios em situação precária, aponta IBGE | Coronavírus | G1, ([s.d.]). <https://g1.globo.com/bemestar/coronavirus/noticia/2020/05/19/brasil-tem-mais-de-51-milhoes-de-domicilios-em-situacao-precaria-aponta-ibge.ghtml> (acessado 8 de setembro de 2020).
- [3] C. Jacintho, Conceitos de bioconstrução - IPOEMA, Conceitos de Bioconstrução. (2018) 1.
- [4] K.T. Arteaga Medina, O.H. Medina, O.J. Gutierrez Junco, Bloque de tierra comprimida como material constructivo, Rev. Fac. Ing. UPTC. 20 (2011) 55–68. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-419962-0.00021-8>.
- [5] P. Torgal., R. Eires., S. Jalali., Construção em Terra, 2016. <http://ecocasaportuguesa.blogspot.com/2016/06/construcao-em-terra.html>.
- [6] C.A. dos Santos, Construção Com Terra No Brasil: Panorama, Normatização E Prototipagem Com Terra Ensacada, Uma ética para quantos? XXXIII (2015) 81–87. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>.
- [7] C. Prompt, Curso de Bioconstrução, (2008) 64.
- [8] E. Martins, Solo argiloso: O que muda no seu manejo nesse tipo de solo, Blog aegro. (2019) 1. <https://blog.aegro.com.br/solo-argiloso/> (acessado 7 de julho de 2020).
- [9] A.C. Zorowich, Taipa de mão ou Pau a Pique, Ecoeficientes - Escritório arquitetura Espec. em Sustentabilidade. (2018). <http://www.ecoeficientes.com.br/taipa-de-mao-ou-pau-a-pique/> (acessado 7 de julho de 2020).

- [10] I.D.O. da Mota, M.D.A. Pereira, P.C. Damacena, L.C.B. dos Santos, Estudo das propriedades físicas e mecânicas do bambu brasileiro para aplicação na construção de sistemas hidráulicos alternativos, *Rev. Estud. Ambient.* 19 (2017) 18. <https://doi.org/10.7867/1983-1501.2017v19n1p18-26>.
- [11] Khosrow Ghavami; Albanise B. Marinho, Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie *Guadua angustifolia*, *Rev. Bras. Eng. Agric. e Ambient.* 9 (2005) 107–114.
- [12] W.C. Aedo, A.R. Olmos, *Guía de construcción parassísmica*, Ediciones CRATerre. (2002) 28.
- [13] S.R.F. Motta, M.T.P. Aguilar, Sustentabilidade E Processos De Projetos De Edificações. *Sustainable and Design Building Processes*, *Gestão e Tecnol. Proj.* 4 (2009) 84–119. <http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/viewFile/50953/55034>.
- [14] N.P. Barbosa, R. Mattone, A. Mesbah, Blocos de Concreto de Terra : Uma Opção Interessante Para a Sustentabilidade da Construção, (2015) 16.
- [15] M.F. Fraga, Panorâma da geração de resíduos da construção civil em Belo Horizonte: medidas de minimização com base em projeto e planejamento de obras, UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, 2006. [http://lumeambiental.com.br/pos\\_marcel.pdf](http://lumeambiental.com.br/pos_marcel.pdf) (acessado 18 de maio de 2020).
- [16] L.V. Amorim, A.S. Gomes Pereira, G. De, A. Neves, & Heber, C. Ferreira, Reciclagem de rejeitos da construção civil para uso em argamassas de baixo custo, (1999) 222–228.
- [17] A.P.S. Milani, W.J. Freire, Características físicas e mecânicas de mistura de solo, cimento e casca de arroz, (2006) 1–10.
- [18] R. De, C. Ferreira, J.C. Da, C. Gobo, A.H.N. Cunha, Incorporação de casca de arroz e de braquiária e seus efeitos nas propriedades físicas e mecânicas de tijolos de solo-cimento, Jaboticabal, 2008.
- [19] M.D.C.M. Valenciano, W.J. Freire, Características físicas e mecânicas de misturas de solo, cimento e cinzas de bagaço de cana-de-açúcar, *Eng. Agrícola.* 24 (2004) 484–492. <https://doi.org/10.1590/s0100-69162004000300001>.
- [20] P. Faria, J. Lima, *Rebocos de Terra*, 2018o ed, Argumentum, Lisboa, 2018.
- [21] M. Rosa, Aprenda a fazer revestimento de terra para paredes | ArchDaily Brasil, (2018). <https://www.archdaily.com.br/br/904869/aprenda-a-fazer-revestimento-de-terra-para-paredes> (acessado 4 de setembro de 2020).