

SUBMETIDO 12/03/2022

APROVADO 07/09/2022

PUBLICADO ON-LINE 09/09/2022

PUBLICADO 10/01/2024

EDITORA ASSOCIADA

Nelma Mirian Chagas Araújo Meira

DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2022id6735>

ARTIGO ORIGINAL

A construção da “SalaEco” como proposta experimental e pedagógica: a materialização de um espaço sustentável utilizando técnicas de bioconstrução

 Thiago Leite de Melo Ruffo ^{[1]*}

 Allan César de Andrade
Cândido ^[2]

 Fabio Augusto Dias Barbosa
Filho ^[3]

[1] thiago.ruffo@ifpb.edu.br

[2] allan.cezar@academico.ifpb.edu.br

[3] augusto.fabio@academico.ifpb.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia da Paraíba (IFPB), Brasil

RESUMO: A crise socioambiental atual exige um novo olhar para a relação entre sociedade e natureza. Soluções práticas, simples e acessíveis, que ajudem a reverter o atual quadro de degradação ambiental, podem contribuir para a construção desse novo olhar. Entre essas soluções, destaca-se a Bioconstrução, uma maneira de construir dotada de preocupação ecológica desde a concepção da obra até sua execução e que busca, também, a integração ser humano-ambiente e a valorização dos materiais e técnicas locais. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo geral construir a “SalaEco”, um espaço sustentável que utiliza princípios da Bioconstrução. As técnicas utilizadas foram hiperadobe, taipa de mão, tijolo ecológico e parede de garrafa PET. Através da construção da “SalaEco” foi possível perceber e tornar ainda mais evidente a possibilidade de edificação de uma casa sustentável. Trabalhar os conceitos relacionados à Bioconstrução por meio de práticas experimentais possibilitou a construção de saberes conceituais, procedimentais e atitudinais, que fazem parte do aprendizado técnico e científico, os quais promovem o crescimento pessoal, profissional e cultural.

Palavras-chave: construção sustentável; casa ecológica; educação; práticas experimentais; sustentabilidade.

The construction of the “SalaEco” as an experimental pedagogical proposal: the materialization of a sustainable space using bioconstruction techniques

ABSTRACT: The current socio-environmental crisis requires a new look at the relationship between society and nature. Practical, simple and useful

*Autor para correspondência.

solutions able to help to reverse environmental degradation might contribute to the construction of such a view. Bioconstruction stands out among these solutions, since it is a way of building which conducts an outstanding study in all stages of the construction process, from the creation of the work to its accomplishment, in addition to seeking human-environment integration and validation of local materials and techniques. This study aimed to present a sustainable space called SalaEco that uses principles of Bioconstruction. The techniques used were hyperadobe, wattle and daub, ecological brick, and PET bottle wall. The construction of "SalaEco" made it even more evident that it is possible to build a sustainable house. Working on concepts related to Bioconstruction through experimental practices enabled the construction of conceptual, procedural and attitudinal knowledge, which in turn are part of technical and scientific learning and promote personal, professional and cultural growth.

Keywords: : ecological house; education; practices; sustainability; sustainable construction.

1 Introdução

É de conhecimento geral que o planeta Terra se encontra em um momento crítico. Apesar da evolução rápida das tecnologias existentes, a crise socioambiental só se acentua. A degradação ambiental pode ser observada por toda parte e em diversas formas, como a perda de solos férteis, a desertificação, a poluição dos corpos aquáticos, a perda da biodiversidade e as mudanças climáticas.

No Brasil, a situação não é diferente. Assim, faz-se necessário e urgente repensar o sistema vigente, bem como trazer soluções práticas, ajudando a reverter o atual quadro de degradação ambiental. As soluções devem vir ao encontro das realidades culturais, sociais e ambientais de cada região. Além disso, devem ser acessíveis e simples, trazendo um potencial de desenvolvimento humano sustentável, seja na área de educação, saúde, infraestrutura, transporte, habitação etc.

Entre essas soluções, destaca-se a Bioconstrução, termo utilizado para se referir a uma nova maneira de construir. Nela, a preocupação ecológica está presente desde a concepção da obra até sua execução. Fazendo uso de diversas técnicas, as bioconstruções buscam causar o mínimo impacto ambiental necessário para realizar uma obra, valendo-se de materiais que não agridam tanto o meio ambiente e focando no máximo aproveitamento dos recursos disponíveis, constituindo-se, então, como uma prática sustentável.

A bioconstrução pode ser entendida como a construção de ambientes sustentáveis por meio da utilização de materiais de baixo impacto ambiental, da adequação da arquitetura ao clima local e do tratamento de resíduos (Brasil, 2008). Para Soares (2007), as técnicas de bioconstrução buscam a integração ser humano e ambiente através da: i) análise do ciclo de vida de cada material utilizado; ii) análise da procedência e do destino de cada material; iii) não utilização de materiais tóxicos e descartáveis; iv) valorização dos materiais e técnicas locais; v) racionalização do uso da água; vi) promoção de tratamentos naturais dos efluentes (esgoto); vii) reciclagem e reuso de resíduos líquidos orgânicos e sólidos; viii) busca pela utilização de fontes de energias renováveis.

Nesse contexto, o desenvolvimento de projetos nas áreas de bioconstrução e de sustentabilidade nas escolas, além de apresentar aos discentes e interessados na causa ambiental uma construção que não cause tantos impactos ambientais negativos, pode ajudar a promover, nesses locais, atitudes sustentáveis (Legan, 2007). O trabalho de Segura (2001, p. 22), que aponta as escolas como espaços “de trabalho fundamental para iluminar o sentido da luta ambiental e fortalecer as bases da formação para a cidadania”, reforça essa ideia.

Assim, as discussões referentes às questões ambientais nesses espaços educativos podem contribuir para o processo de ensino e de aprendizagem sob diferentes aspectos, entre eles, a política, a cidadania e a ética, permitindo o desenvolvimento de cidadãos conscientes e críticos. Para Ruffo *et al.* (2021), a difusão de conceitos relacionados à bioconstrução e à sustentabilidade, nos mais variados campos da vida humana, pode contribuir para que a sociedade repense seu estilo de vida e se preocupe um pouco mais com a sobrevivência das futuras gerações em um planeta saudável.

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo geral construir a “SalaEco”, um espaço sustentável que utiliza princípios da bioconstrução. Especificamente, buscou-se demonstrar, de forma prática e experimental, como as soluções da construção sustentável podem ser incorporadas ao nosso cotidiano.

Ao longo deste trabalho, é apresentado, de forma breve, o referencial teórico acerca da Bioconstrução e suas principais técnicas, na seção 2. Na seção 3, o contexto da obra e a metodologia utilizada para a construção da “SalaEco” e, na seção 4, a descrição dos procedimentos executados. Na seção 5, é discutida a relação da “SalaEco” com a sustentabilidade. Na seção 6, são apresentadas as considerações finais sobre o projeto prático-experimental.

2 Referencial teórico

Historicamente, a indústria da construção civil tem se mostrado um setor que vem servindo para atender as necessidades básicas e imediatas do ser humano. Mas, por muitas vezes, tem atuado sem a devida preocupação com técnicas sustentáveis, o que torna essa atividade uma das grandes responsáveis pela transformação do ambiente natural no ambiente construído, carregando, nesse processo, grandes impactos ambientais (Leite; Reis Neto, 2014).

Devido ao consumo massivo de materiais e energia e à geração de resíduos, os princípios da sustentabilidade passaram a orientar cada vez mais a construção civil, um dos setores que mais causam impactos no meio ambiente. Assim, muitas empresas e projetos têm investido na chamada responsabilidade ambiental. Muitas delas se especializam em bioconstrução, uma forma de arquitetura e construção civil. O princípio é combinar tecnologias antigas e inovadoras para garantir um processo construtivo sustentável e com menor impacto ambiental (Cantarino, 2006).

As primeiras discussões sobre a necessidade de construções com menor impacto se iniciaram com a primeira Crise do Petróleo e com as grandes conferências mundiais acerca da temática ambiental, na década de 1970. Houve a percepção da necessidade de se obter uma maior eficiência nos processos construtivos, pois estes demandavam imensas quantidades de materiais e energia para sua construção e funcionamento (Krzyzanowski, 2005).

Nesse contexto e com o aprofundamento da crise socioambiental, temos o surgimento do conceito de desenvolvimento sustentável, que, de acordo com o relatório Brundtland, é aquele capaz de satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades (CMMAD, 1991).

Ultimamente, o termo “desenvolvimento sustentável” vem sendo debatido por muitas pessoas, que, na maioria dos diálogos, sempre o relacionam à dimensão ecológica, sem saberem que tal termo não se limita apenas a essa dimensão, mas engloba várias outras, sendo todas indissociáveis entre si. Para Sachs (2002), a sustentabilidade possui oito dimensões: social, cultural, ecológica, ambiental, territorial, econômica, política (nacional) e política (internacional).

Todo esse debate sobre sustentabilidade acaba refletindo nas mais diversas áreas, inclusive na construção civil. Para Krzyzanowski (2005), a discussão sobre construções mais sustentáveis ganhou força na Eco-92 (Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, também conhecida como Cúpula da Terra). Para o autor, a evidência do tema possibilitou o surgimento de “investimentos em trabalhos que levassem um sistema de construção que não só se preocupasse com a energia, mas que incluísse os conceitos de ecologia e desenvolvimento sustentável em seus processos” (Krzyzanowski, 2005, p. 63).

Em sua tese de doutorado, Colombo (2004) traz a perspectiva de uma construção civil voltada à sustentabilidade. Para a autora, o futuro da construção civil está na bioconstrução, pois esta combina a tecnologia atual com as tecnologias do passado, gerando um modelo que, por ser feito em menor escala e com materiais não ou pouco industrializados, torna-se mais orgânico, seguindo o modelo da natureza sem causar nela impacto tal qual as construções convencionais causam.

O conceito de bioconstrução engloba diversas técnicas da arquitetura tradicional de diferentes lugares do mundo, algumas delas com centenas de anos de história e experiência, tendo como característica a preferência por materiais existentes no local, como a terra, o bambu, entre outros. O objetivo é diminuir os gastos com fabricação e transporte, além de construir habitações com custo reduzido e que ofereçam excelente conforto térmico (Soares, 1998).

Diversas técnicas podem ser adotadas em projetos de bioconstrução. O processo é bem diverso e depende muito do local onde a obra será realizada e dos materiais disponíveis. Isso posto, e considerando a realidade da construção da “SalaEco”, são destacadas neste referencial teórico apenas as técnicas de bioconstrução adotadas no referido projeto. São elas: hiperadobe, taipa de mão, tijolo ecológico e parede de garrafa PET. Algumas dessas técnicas já são bastante consolidadas, enquanto outras são experimentais.

O hiperadobe foi criado buscando solucionar os problemas ambientais do superadobe. A nova técnica dispensa o uso do arame farpado, visto que o barro se difunde pela trama da tela (saco de Raschel) e ainda serve de chapisco, podendo-se aplicar o reboco natural diretamente sobre a trama (Soares, 2007). Para Brito-del-Pino *et al.* (2021), o produto final do hiperadobe pode assumir formas retas ou curvas; já para a cobertura podem ser feitos telhados ou usar o mesmo material das paredes, o que fará com que a cobertura fique em formato de domo.

O sistema construtivo da taipa de mão utiliza, basicamente, dois materiais em sua execução: a terra e a madeira. As paredes são executadas através de uma malha interna, tradicionalmente constituída por paus roliços na vertical e varas flexíveis horizontais, formando um quadro, que funciona como suporte para o posterior preenchimento com mistura de terra. Em alguns locais, na preparação da terra, há o acréscimo de materiais, que funcionam como estabilizantes, para diminuir a retração da terra (Lopes, 1998).

Os tijolos ecológicos, por sua vez, são compostos basicamente de solo, água e cimento. Eles são produzidos em prensas, dispensando o uso de madeira e combustível para a queima em fornos, evitando, assim, o desmatamento e a emissão de monóxido de carbono na atmosfera. Ademais, eles só precisam ser umedecidos para que se tornem resistentes e, além da grande resistência, outra vantagem desses tijolos é o seu excelente aspecto estético (Motta *et al.*, 2014). Na produção de tijolos ecológicos, pode-se também utilizar materiais diversos como agregado. Santos *et al.* (2017), por exemplo, utilizaram conchas do marisco *Anomalocardia flexuosa* (Linnaeus, 1767) como agregado na construção de tijolos ecológicos.

No tocante à utilização de garrafas PET, o uso desse material na construção civil apresenta grande potencial, devido à alta resistência térmica e mecânica, além de vantagem econômica, pois o custo da edificação feita com PET é muito menor e os impactos ambientais causados por esse material podem diminuir consideravelmente (Galli *et al.*, 2012). As garrafas PET podem ser utilizadas no lugar dos tijolos e podem ser preenchidas com areia, terra, pedras ou água, para aumentar a sua resistência. Segundo o portal Virtuhab, da Universidade Federal de Santa Catarina, a utilização desse material barateia a construção em até 60%, quando comparado com a alvenaria convencional (Parede..., 2013).

3 Contexto da obra e metodologia de ação

O projeto consiste na construção de uma casa ecológica de aproximadamente 16 m² denominada “SalaEco”, concebida com a utilização de técnicas de bioconstrução. A construção da “SalaEco” tem caráter prático-experimental e foi iniciada como uma atividade do Projeto Integrador da turma do Curso Técnico em Meio Ambiente Integrado ao Ensino Médio, do IFPB – Campus Cabedelo (2017-2019). Com o passar do tempo, alunos do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do IFPB do referido *campus* se integraram ao projeto. Ressalta-se que, além desses, participaram também, desde o início das atividades práticas, parceiros sociais e especialistas na área de bioconstrução.

No ano de 2020 as obras foram paralisadas em virtude da pandemia de covid-19, sendo retomadas apenas em 2021, de modo pontual e esporádico, sempre respeitando o que preconiza a Instrução Normativa nº 01/2020 – PRPIPG/IFPB, que dispõe sobre orientações complementares quanto ao desenvolvimento de projetos de pesquisa no âmbito do IFPB durante o período de suspensão das atividades presenciais (IFPB, 2020). Devido à necessidade de distanciamento social oriunda da pandemia, que limitou bastante os trabalhos práticos e em equipe, optou-se pela continuação do projeto em 2021 (ainda em período pandêmico) apenas com profissionais (terceiros) especializados no ramo da bioconstrução e com a participação de alunos apenas do curso superior de Licenciatura em Ciências Biológicas do IFPB – Campus Cabedelo, alunos adultos e, alguns, com experiências nas áreas de marcenaria e em obras construtivas.

A crise sanitária instalada em nosso país atrasou bastante a finalização da “SalaEco”, pois a prioridade era garantir a saúde dos participantes do projeto. Com isso, ao final de 2021, algumas etapas estavam concluídas e outras não. O Quadro 1 explicita todo o cronograma do projeto, o andamento da “SalaEco” e sua previsão de conclusão.

Quadro 1 ►

Etapas realizadas no Projeto “SalaEco” do IFPB e respectivos períodos de finalização.

Fonte: elaborado pelos autores

Etapa	Período de finalização
Concepção e planejamento do projeto	2017 e 2018
Colunas e alicerces da “SalaEco”	2018
Estrutural de madeira	2018
Parede de garrafas PET	2018
Parede de taipa de mão	2018
Parede de hiperadobe	2019
Parede com tijolos ecológicos	2019
Pandemia de covid-19 e pausa das obras	
Telhado ecológico	2021
Portas e janelas	2022
Piso ecológico	2022
Acabamento	2022

Conforme mencionado no referencial teórico, as técnicas de bioconstrução utilizadas nas paredes da “SalaEco” foram utilização de garrafas PET, taipa de mão, hiperadobe e tijolos ecológicos. Para as colunas e alicerces foi utilizada madeira de apreensão, bem como foram aproveitados cimento e brita de resto de obras do IFPB – Campus Cabedelo. Parte do barro utilizado na “SalaEco” é oriundo da obra na BR-230 e a outra parte foi adquirida no comércio local. O telhado foi coberto com telhas ecológicas comerciais de fibra vegetal; as portas e janelas foram confeccionadas a partir da reutilização de *pallets*; o piso é constituído de concreto magro e conchas de mariscos, rejeito da atividade de marisqueiros e marisqueiras da região.

Vale destacar que, além do viés prático, o projeto tem caráter pedagógico, sendo trabalhados temas da área ambiental para os alunos dos cursos Técnico em Meio Ambiente Integrado ao Ensino Médio e Licenciatura em Ciências Biológicas, do IFPB – Campus Cabedelo. Para os alunos do Ensino Técnico em Meio Ambiente Integrado ao Ensino Médio, que têm o Projeto Integrador em seu currículo, sempre antes das atividades práticas eram trabalhados, de forma teórica e em sala de aula, conteúdos referentes às práticas experimentais e sua relação com meio ambiente e sustentabilidade, bem como dadas orientações metodológicas e de segurança. Os alunos eram sempre supervisionados pelos professores do Projeto Integrador e por profissionais da área. Estes eram os responsáveis pelo serviço mais técnico e pela utilização de maquinário que pudesse oferecer algum risco aos alunos.

4 Execução prático-experimental das técnicas de bioconstrução: a materialização da “SalaEco”

Inicialmente foi escolhido o local onde seria construída a “SalaEco”. Definido o local, iniciou-se a escavação das valas para a construção das vigas baldrame (Figura 1), para a qual se utilizou brita proveniente de restos de obras do *campus*.

Figura 1 ▶

Construção dos alicerces da “SalaEco”: destaque para a escavação das valas para construção das vigas baldrame. *Fonte: acervo dos autores*



Em seguida, deu-se início ao levante das colunas, feitas com madeiras de apreensão cedidas pelos órgãos ambientais. Após o nivelamento das colunas, iniciou-se a parte estrutural do telhado (Figura 2).

Figura 2 ▼

Levante das colunas da “SalaEco” (a) e início do estrutural do telhado (b). *Fonte: acervo dos autores*



(a)



(b)

Após a finalização dos alicerces e do estrutural de madeira da “SalaEco”, foi possível aplicar as técnicas bioconstrutivas discutidas em sala de aula e iniciar o levante das paredes.

A primeira parede levantada foi a parede frontal da “SalaEco”, na qual foi aplicada a técnica da taipa de mão (Figura 3). A construção dessa parede foi iniciada com a disposição da sua estrutura interna. Primeiramente foi realizada a escavação de buracos para a implantação de colunas verticais utilizando ripas que servem como base para a estrutura. Logo depois, foi feita a implantação das colunas e foi feito o entrelaçamento de ripas horizontalmente, com arames para sua fixação, formando um gradeado. Em seguida, foi feito o preparo do barro a ser aplicado nas tramas de madeira.

Figura 3 ▶

Momentos do levante da parede de taipa de mão na “SalaEco.

Fonte: acervo dos autores



O preparo consistiu na coleta de barro e de feno, que logo depois foram misturados com água por meio de pisoteamento, feito em cima de uma lona para que o barro não perdesse água para a terra e para que a mistura ficasse homogênea.

Posteriormente, foi realizada a aplicação da mistura à trama: duas pessoas, uma de cada lado da parede, jogavam a mistura de barro com feno simultaneamente e com certa força, para que os dois punhados jogados no mesmo momento entrassem na trama e se unissem. E, por fim, foi feita a secagem e o acabamento das paredes, pois o barro trincou em algumas partes após a secagem devido à perda de água, por isso foi necessário preencher as rachaduras e dar o acabamento.

O barro utilizado no acabamento foi mais fino do que aquele adicionado à trama devido à quantidade maior de argila presente na mistura. Com esse material, foi possível realizar um desenho em parte da parede de taipa de mão.

De acordo com Pisani (2004), a construção utilizando a taipa possui diversas vantagens, tais como regulação da umidade ambiental, armazenamento de calor, economia de energia, diminuição da contaminação ambiental e construção reciclável. Em contrapartida, as desvantagens são: materiais não padronizados, pois a constituição dos materiais pode variar de uma região para outra, sendo necessário adaptá-los; permeabilidade dos materiais, pois a terra crua é suscetível a infiltrações, tornando-se necessária a aplicação de uma camada impermeável; e, por fim, o surgimento de trincas e fissuras durante o processo de secagem, sendo imprescindível a realização de testes para verificar a qualidade do barro a ser empregado na construção.

Além das vantagens citadas anteriormente, Silva (2000) observou um conforto acústico gerado pelas paredes feitas de barro, mostrando mais uma vantagem da construção com terra crua.

A segunda parede levantada foi a parede de garrafas PET (Figura 4). Essa técnica foi aplicada na construção da parede de trás da “SalaEco”. A construção das paredes foi iniciada com a coleta e o preenchimento das garrafas com areia. Algumas garrafas foram preenchidas com restos de papel (rascunhos, documentos antigos etc.) e embalagens

de plástico que iriam para o lixo. Esse material foi compactado de forma efetiva para a construção do “tijolo” de garrafa PET. Por fim, algumas garrafas foram preenchidas com água, para permitir a passagem de luz solar pela parede. Após o preenchimento das garrafas, foi feita a fundação da parede, à qual se procedeu com a marcação no chão das linhas da parede e com a escavação da vala com profundidade aproximada de 50 cm. As garrafas foram dispostas e empilhadas sobre a vala e unidas por uma argamassa composta por cimento, areia e barro na proporção de 1 kg de barro para 6 kg de areia e 0,5 kg de cimento. As janelas da parede de garrafa PET foram feitas com pneus usados que iriam para o lixo.

Figura 4 ►
Levante da parede da “SalaEco” constituída por “tijolos” de garrafa PET. Fonte: acervo dos autores



A parede de garrafa PET surge como uma solução ambiental para a composição estrutural de uma residência, realizando a função de envoltório que toda vedação exerce na delimitação dos ambientes e atuando na difusão de práticas para o desenvolvimento sustentável (Oliveira; Souza, 2014).

Substituir o bloco convencional pela garrafa PET ocasiona menor degradação ambiental, pois a reutilização de garrafas na construção requer grande quantidade desse material, reduzindo significativamente a quantidade de garrafas não recicladas. Além disso, ressalta-se a ausência de emissão de gás carbônico, diferentemente do que ocorre quando da reciclagem do PET no setor industrial, e a utilização de um material proveniente dos entulhos das construções, servindo como aliado em termos de resistência e economia (Fernandes; Souza; Oliveira, 2016).

Outra técnica aplicada no projeto foi o hiperadobe (Figura 5). Essa técnica foi aplicada na construção da base das paredes laterais da “SalaEco”. A construção das paredes foi iniciada com a sua fundação.

Figura 5 ▶

Parede de hiperadobe, evidenciando as múltiplas camadas levantadas.

Fonte: acervo dos autores



Primeiramente, foi aberta uma vala no solo até ser encontrado um terreno estável, sendo feito o nivelamento. Logo depois, foi feita a impermeabilização da vala com pedras para que os sacos de Raschel não entrassem diretamente em contato com o chão. Em seguida, foi realizado o preparo da estrutura da parede. Esse preparo foi feito através do preenchimento dos sacos de Raschel com barro composto por cerca de 70% de areia e aproximadamente 30% de argila. Após o preenchimento dos primeiros sacos, estes foram fechados, dispostos sobre a vala e apilados até o barro ficar compactado, enquanto os demais foram preenchidos, fechados e apilados em cima dos primeiros, de forma sucessiva. E por fim, após erguidas as paredes, estas foram compactadas lateralmente para atingir uma regularidade que facilitasse o reboco, caso este fosse aplicado.

O hiperadobe é uma técnica de rápida execução. Pode-se apontar como pontos positivos da utilização dessa técnica o baixo custo, a grande resistência e o fato de suportar oscilações de solo e impactos (Benvegnú, 2017). É necessário o devido cuidado ao preparar a massa e ao executar a técnica, pois o procedimento mal realizado pode originar fissuras e comprometer a estrutura do hiperadobe (Ruffo *et al.*, 2021). Sillmann e Reis (2021) apontam como vantagens desse método construtivo o conforto térmico e acústico, a redução dos impactos ambientais e a redução do custo final da obra.

A fácil execução da técnica do hiperadobe torna possível que a construção seja feita por uma mão de obra simples, e o ótimo isolamento térmico e acústico – pelo fato de o hiperadobe ser à base de terra e por ter paredes grossas – também são aspectos positivos dessa técnica. Além disso, um fator de grande importância é a ausência de desperdícios de materiais e baixa geração de resíduos sólidos, tendo em vista que os recursos remanescentes podem ser devolvidos para a natureza (Seleguim, 2019).

Para complementar parte das paredes laterais, utilizou-se sobre o hiperadobe os tijolos ecológicos (Figura 6), os quais foram feitos com grande quantidade de barro, quantidade reduzida de cimento e conchas de mariscos trituradas como elemento agregador.

Figura 6 ▶

Produção dos tijolos ecológicos (a) e detalhe da parede de tijolos da “SalaEco” (b).

Fonte: acervo dos autores



A construção da parede se deu a partir da coleta de barro, cimento, mariscos, da peneiração do barro e da trituração dos mariscos com o uso de um triturador forrageiro. Logo depois, foi realizada, por meio de prensa manual, a produção de alguns modelos de tijolos para um teste experimental, conforme as seguintes proporções: um bloco composto por 1,135 kg de barro puro (modelo 1); um bloco composto por aproximadamente 567 g de barro peneirado e por aproximadamente 567 g de marisco triturado, substituindo a areia fina (modelo 2); e um bloco composto por aproximadamente 454 g de barro, por aproximadamente 227g de marisco e por aproximadamente 454 g de cimento (modelo 3).

Observou-se que o modelo 3 foi o que se mostrou mais apto, visto não desagregar e não apresentar fissuras. Após o teste experimental, foi iniciada a produção dos tijolos compostos por aproximadamente 454 g de barro, 227 g de marisco e 454 g de cimento, devido à sua aprovação. E, por fim, foi realizada a disposição e união dos tijolos sobre a parede de hiperadobe com o uso de argamassa convencional, composta por cimento, areia e água. Os tijolos ecológicos, assim como o hiperadobe, a taipa e a parede de garrafa PET, foram utilizados com fins de preenchimento, e não como estrutural da obra.

De acordo com Motta *et al.* (2014), entre as maiores vantagens da utilização de tijolos ecológicos está a redução de gastos, de consumo de água e de energia, além do incentivo ao desenvolvimento de novos produtos que contribuam para o mercado e para a mitigação dos impactos ambientais. Para Motta *et al.* (2014), tijolos de solo-cimento proporcionam outros benefícios, como o aumento da produtividade, a melhoria da imagem institucional, a melhoria das relações com comunidades, grupos ambientalistas e órgãos governamentais, além de melhor adequação aos padrões ambientais.

A construção do estrutural do telhado (Figura 7) da “SalaEco” foi feita a partir do reaproveitamento de caibros, ripas, linhas e terças e do uso de cumeeiras e telhas ecológicas de fibra vegetal. Primeiramente, foi feita a coleta das madeiras e a compra das cumeeiras e das telhas. Em seguida, foi feita a instalação e fixação das madeiras com a implantação dos parafusos, para que a estrutura pudesse receber as telhas. Estas foram fixadas por meio dos parafusos.

Figura 7 ▶

Montagem do estrutural do telhado da “SalaEco” e colocação das telhas ecológicas.

Fonte: acervo dos autores



(a)

(b)

Trabalhar com essas telhas ecológicas de fibra vegetal tem algumas vantagens, quando comparadas às telhas convencionais, pois elas são leves e de fácil transporte, flexíveis, de fácil manuseio e instalação – o que torna a obra muito mais prática –, demandam menor espaço de armazenamento com relação a outros tipos de cobertura, além de proporcionarem conforto térmico.

5 A “SalaEco” e sua relação com a sustentabilidade: um debate pertinente

Nas últimas décadas, o termo sustentabilidade tem ganhado notoriedade no panorama global. Na área da construção não é diferente: passou-se a perceber a construção sustentável não como um modelo para resolver problemas pontuais, mas como uma nova forma de pensar a própria construção e tudo que a envolve. Hoje esse conceito está difundido nos mais variados campos da vida humana, fazendo-se necessário repensar o estilo de vida do homem contemporâneo para a sobrevivência das futuras gerações em um planeta saudável.

O desenvolvimento humano e a sua interação com o planeta Terra dependem fortemente do planejamento sustentável e de uma construção mais sensível e consciente, sintonizada com o lugar. Nesse sentido, trabalhar o tema da bioconstrução, além de apresentar uma proposta que dialoga com as múltiplas dimensões da sustentabilidade, pode ajudar a promover, nos atores sociais envolvidos na atividade, atitudes sustentáveis e uma nova forma de pensar o meio ambiente.

A construção da “SalaEco”, a partir de atividades prático-experimentais, precedidas de discussão teórica, dialogou bastante com as diversas dimensões da sustentabilidade. Por meio da abordagem de temas teóricos e práticos sobre bioconstrução com os alunos, foi tratada a sustentabilidade ambiental, devido à sensibilização sobre a importância do uso consciente dos recursos naturais, respeitando a capacidade de autodepuração dos ecossistemas naturais. A sustentabilidade econômica foi tratada a partir das oficinas de atividades práticas, pois por meio destas foi realizado o reaproveitamento de matérias-primas, como também o desenvolvimento de métodos de produção mais baratos e ecologicamente corretos. Vale destacar uma característica chave dos processos bioconstrutivos: a possibilidade de a própria pessoa usar material disponível no local em que habita para construir algo e colaborar na construção de sua própria residência, obedecendo às normas técnicas e acompanhada de equipe técnica especializada. Já a sustentabilidade social foi tratada por meio de palestras voltadas para a comunidade existente nos arredores do IFPB – Campus Cabedelo. Além disso, o projeto apresenta grande relevância social, pois apresenta-se como alternativa potencial para habitação social. A sustentabilidade cultural foi tratada através da integração entre o desenvolvimento tecnológico e social e as heranças culturais de cada povo, pois cada técnica é originária de povos distintos.

As atividades da “SalaEco” trabalharam também com os 7 Rs da sustentabilidade (repensar, recusar, reduzir, reparar, reutilizar, reciclar e reintegrar). Por meio de tais atividades foi possível repensar atitudes pessoais e coletivas que contribuem para o desequilíbrio ecológico do planeta. Além da construção da “SalaEco” dialogar bastante com os 7 Rs da sustentabilidade e suas principais vertentes, houve diálogo, de forma interdisciplinar, através da integração com algumas componentes curriculares do Curso Técnico em Meio Ambiente, tais como Inglês, Educação Física, Gerenciamento de Resíduos Sólidos, Controle de Poluição da Água, Educação Ambiental, Planejamento e Gestão Ambiental, Hidrologia, Higiene e Segurança do Trabalho e Empreendedorismo.

Em seminários sobre as técnicas de bioconstrução houve integração com a disciplina de Inglês; em conteúdos sobre postura e ergonomia no serviço foi feita a integração com a disciplina de Educação Física. Por meio de trabalhos sobre conhecimentos aplicados na “SalaEco” foi feita a integração com as disciplinas de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, Controle de Poluição da Água, Educação Ambiental, Planejamento e Gestão Ambiental, Hidrologia, Higiene e Segurança do Trabalho e Empreendedorismo.

Assim, pode-se ver também o caráter pedagógico da proposta, contribuindo para um ensino contextualizado, atual e que dialoga com a atuação do profissional técnico em Meio Ambiente e dos futuros biólogos.

6 Considerações finais

Ao mesclar várias técnicas de bioconstrução, na consecução da “SalaEco”, promoveu-se maior diversificação e sustentabilidade quando comparada com construções que utilizam apenas uma ou duas técnicas e evidenciou-se a possibilidade de edificação de uma casa sustentável.

Trabalhar os conceitos relacionados à bioconstrução por meio de práticas experimentais possibilitou a construção de saberes conceituais, procedimentais e atitudinais, que fazem parte do aprendizado técnico e científico, promovendo, dessa forma, o crescimento pessoal, profissional e cultural. Nesse sentido, trabalhar o tema da bioconstrução como atividade educativa e prática experimental, além de mostrar que mudanças recentes em nosso estilo de vida tem causado grandes impactos em como interagimos com o meio ambiente e, em função disso, novas formas de consumo precisam ser pensadas, mostra também que a bioconstrução permite que os seres humanos autoconstruam as suas moradias por meio de manuais ou cursos rápidos, estimulando a produção de edificações que não causem impactos negativos no meio ambiente.

Trabalhando de forma prática o tema em questão, buscou-se gerar como produto final a “SalaEco”, um espaço construído que serve também como recurso didático para abordar conteúdos relacionados à sustentabilidade e à bioconstrução. A “SalaEco” já recebeu a visita de diversas escolas e membros da comunidade adjacente ao IFPB – Campus Cabedelo e pode vir a constituir um protótipo interessante, pois o entorno da instituição é formado por uma série de ocupações irregulares e moradias precárias.

Além da importância do espaço no tocante à Educação Ambiental, a “SalaEco” pode vir a se constituir em um Laboratório de Meio Ambiente, para realização de outras atividades práticas que auxiliem no processo ensino-aprendizagem.

O projeto “SalaEco” consiste ainda em um projeto inovador, destacando-se o potencial socioeconômico do experimento, pois a bioconstrução pode ser uma alternativa para ajudar a resolver o problema do déficit habitacional e, conseqüentemente, contribuir para a redução da desigualdade social. Assim, além de possibilitar uma moradia mais digna, pode gerar renda, já que a própria comunidade pode contribuir no processo, pelo fato de as técnicas não exigirem uma mão de obra muito especializada.

Além das questões já citadas, o trabalho com as técnicas de bioconstrução tem muita importância social. A união dos moradores é uma das características mais importantes da bioconstrução. Além de ajudar na redução de custos com a mão de obra, a atividade agrega conhecimento e integra a comunidade, trazendo assim uma perspectiva de moradia social.

Diante do exposto, conclui-se que é possível e viável trabalhar de forma prática no desenvolvimento de construções sustentáveis. Estas, quando incorporadas ao nosso cotidiano, podem trazer benefícios ecológicos, ambientais, sociais, econômicos e culturais.

Em projetos futuros, faz-se necessário realizar ensaios de compressão e absorção de água com modelos das diferentes técnicas utilizadas. Além disso, é interessante mensurar os custos da bioconstrução, comparando-a com as construções convencionais, mesmo num projeto experimental, de menor escala, o que pode reforçar a tese do baixo custo das técnicas apresentadas.

Agradecimentos

A Alexandre Rosário de Sousa, bioconstrutor e mestre de obras, proprietário e diretor da Hexágono Bioconstrução, por todo o suporte e consultoria técnica, sem a qual não seria possível avançar com o nosso projeto.

A Samir Said Castor Gonçalves, pelos serviços de consultoria em bioconstrução prestados durante a vigência do projeto.

A Iverton Allef dos Santos Araújo, por todo o suporte e participação nas etapas do projeto “SalaEco”, em especial na parte de marcenaria.

À turma 2017 do Curso Técnico Integrado em Meio Ambiente do IFPB Cabedelo, que atuou em diversas oficinas práticas de bioconstrução e tornou possível a realização do projeto.

Aos discentes do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas: Apolo Camilo Pereira da Silva, Fábio Augusto Dias Barbosa Filho, Jhonatan David Nobrega Rodrigues e Allan Cézár de Andrade Cândido, pela participação nas obras e divulgação dos resultados do projeto.

Financiamento

Projeto financiado com recursos das Chamadas Interconecta 01/2019, 01/2020 e 02/2021, chamadas de apoio do IFPB a projetos de Pesquisa, Inovação, Desenvolvimento Tecnológico e Social.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

BENVEGNÚ, J. C. Avaliação da resistência mecânica à compressão de hiperadobe na cidade de Guaporé, RS – Cidade Escola Ayni. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, RS, 2017. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/1925/1/2017JosueBenvegnu.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Extrativismo e Desenvolvimento Rural Sustentável. Departamento de Desenvolvimento Rural Sustentável. **Curso de Bioconstrução**. Brasília, DF: MMA, 2008. 64 p. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/251995/bioconstrucao_mma.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 19 jun. 2022.

BRITO-DEL-PINO, J. F.; SANTAMARÍA-HERRERA, N. M.; MACAS-PEÑARANDA, C. A.; TASÁN-CRUZ, D. Elaboración de adobe sostenible. **DAYA – Diseño, Arte y Arquitectura**, Cuenca, n. 11, p. 59-79, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33324/daya.vi11.459>.

CANTARINO, C. Bioconstrução combina técnicas milenares com inovações tecnológicas. **Inovação Uniemp**, Campinas, v. 2, n. 5, p. 46-47, 2006. Disponível em: http://inovacao.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1808-23942006000500025&lng=es&nrm=is. Acesso em: 15 jul. 2022.

COLOMBO, C. R. **Princípios teórico-práticos para formação de engenheiros civis**: em perspectiva de uma construção civil voltada à sustentabilidade. 2004. 348 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/86860>. Acesso em: 15 jul. 2020.

CMMAD – COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.

FERNANDES, P. K. S.; SOUZA, R.; OLIVEIRA, S. S. Parede de vedação feita de garrafa PET. **Blog da Uniso**, Sorocaba, 8 abr. 2016. Disponível em: <http://blog.uniso.br/wp-content/uploads/2016/12/PAREDE-DE-VEDA%C3%87%C3%83O-FEITA-DE-GARRAFA-PET.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2020.

GALLI, B.; MAGINA, C.; MENEZES, R.; PEREZ, P.; UENO, H. Uso de garrafas de poli-tereftalato de etileno – PET como insumo alternativo na construção de edificações residenciais. **Revista de Arquitetura IMED**, v. 1, n. 2, p. 174-181, 2012. Disponível em: <https://seer.atitus.edu.br/index.php/arqimed/article/view/424>. Acesso em: 18 jul. 2022.

IFPB – INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA. Pró-Reitoria de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação. **Instrução normativa nº 01/2020**. Dispõe sobre orientações complementares quanto ao desenvolvimento de projetos de pesquisa no âmbito do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), durante o período de suspensão das atividades presenciais. João Pessoa: IFPB, 2020. Disponível em: <https://www.ifpb.edu.br/cajazeiras/assuntos/comissao-de-aco-es-de-enfrentamento-a-covid-19/documentos/instrucao-normativa-no-01-2020-prpjpg-ifpb-retificada-1.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2022.

KRZYZANOWSKI, R. F. **Novas tecnologias em assentamentos humanos**: a permacultura como proposta para o planejamento de unidades familiares em Florianópolis. 2005. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

LEGAN, L. **A escola sustentável**: eco-alfabetizando pelo ambiente. 2. Ed. atual. e rev. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo; Pirenópolis: Ecocentro IPEC, 2007.

LEITE, J. C. P. S.; REIS NETO, M. T. Meio ambiente e os embates da construção civil. **Construindo**, Belo Horizonte, v. 6, n. 2, p. 40-49, 2014. Disponível em: <http://revista.fumec.br/index.php/construindo/article/view/2766>. Acesso em: 7 set. 2022.

LOPES, W. G. R. **Taipa de mão no Brasil**: levantamento e análise de construções. 1998. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/000979176>. Acesso em: 19 set. 2022.

MOTTA, J. C. S. S.; MORAIS, P. W. P.; ROCHA, G. N.; TAVARES, J. C.; GONÇALVES, G. C.; CHAGAS, M. A.; MAGESTE, J. L.; LUCAS, T. P. B. Tijolo de solo-cimento: análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis. **Revista E-xacta**, Belo Horizonte, v. 7, n. 1, p. 13-26, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.18674/exacta.v7i1.1038>.

OLIVEIRA, I. K. R.; SOUZA, M. J. R. Sustentabilidade na construção civil: casa com parede de garrafa PET. **Anais dos Encontros Nacionais de Engenharia e Desenvolvimento Social**, v. 11, n. 1, 2014. Disponível em: <https://anais.eneds.org.br/index.php/eneds/article/view/271/254>. Acesso em: 18 jul. 2022.

PAREDE de garrafa PET. **Portal Virtuhab**, [Florianópolis], 2013. Disponível em: <https://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br/parede-de-garrafa-pet/>. Acesso em: 12 nov. 2019.

PISANI, M. A. J. Taipas: a arquitetura de terra. **Revista Sinergia**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 9-15, 2004. Disponível em: <https://ojs.ifsp.edu.br/index.php/sinergia/issue/view/38>. Acesso em: 22 set. 2022.

RUFFO, T. L. M.; SOUSA, A. R.; PIMENTEL, C. H. L.; BRITO, L. T. N. Bioconstrução e sustentabilidade: conceitos, características e principais técnicas. In: NASCIMENTO, G. C. C.; CÓRDULA, E. B. L. (ed.). **Meio Ambiente e suas interfaces**: paradigmas, desafios e soluções. Cabedelo, PB: Mar, 2021. p. 193-209.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

SANTOS, A. P. S.; CAMARGO, M.; ESTUPINAN, R. A.; GÓES, V. C.; MEDEIROS, J. M. Alternativas de aproveitamento das conchas de marisco de *Anomalocardia flexuosa* (Linnaeus, 1767) como material agregado para a elaboração de tijolos ecológicos na comunidade de marisqueiras do Renascer, Cabedelo, Paraíba. **Gaia Scientia**, v. 11, n. 1, p. 77-86, 2017. DOI: <https://doi.org/10.22478/ufpb.1981-1268.2017v11n1.26686>.

SEGURA, D. S. B. **Educação ambiental na escola pública**: da curiosidade ingênua à consciência crítica. São Paulo: Annablume: Fapesq, 2001.

SELEGUIM, A. B. L. **Bioconstrução**: principais técnicas construtivas. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Fundação Educacional de Ituverava, Ituverava, 2019.

SILLMANN, J. V. A.; REIS, M. C. Análise comparativa entre processo construtivo convencional e a técnica de hiperadobe para moradias populares. **Brazilian Journal of Business**, Curitiba, v. 3, n. 5, p. 3709-3722, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34140/bjbv3n5-015>.

SILVA, C. G. T. **Conceitos e preconceitos relativos às construções em terra crua**. 2000. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/4736>. Acesso em: 18 jul. 2022.

SOARES, A. **Soluções sustentáveis: construção natural**. Pirenópolis: Mais Calango, 2007. (Coleção Soluções Sustentáveis, v. 3). Disponível em: https://issuu.com/ecocentro/docs/solucoes_sustentaveis3. Acesso em: 18 jul. 2022.

SOARES, A. L. J. **Conceitos básicos sobre permacultura**. Brasília, DF: MA/SDR/PNFC, 1998. Disponível em: https://permacoletivo.files.wordpress.com/2008/05/conceitos_basicos_permacultura.pdf. Acesso em: 22 set. 2022.