

Construções sustentáveis e qualidade ambiental: Estudo de caso de bioconstruções na Aldeia Alegria

Sustainable constructions and environmental quality: A case study of Bioconstructions in Aldeia Alegria

Construcciones sostenibles y calidad ambiental: caso de estudio de bioconstrucciones en Aldeia Alegria

Alane Mateveli Leal

Graduanda em arquitetura e urbanismo, Unifacig, Brasil.
alanematevelileal@gmail.com

Lidiane Espindula

Professora Doutoranda, UFES, Brasil.
espindulaprojetos@gmail.com

Amanda Santos Vargas

Professora Mestre, UFV, Brasil.
amanda.vargas@ufv.br

RESUMO

A construção civil é uma das responsáveis por gerar grande impacto ambiental pelo volume de resíduos que essa cadeia produz. Essa problemática está presente desde o início das construções até o final de sua vida útil; por isso, faz-se necessário adotar alternativas sustentáveis que diminuam esse impacto. Diante das alternativas, deve-se substituir os materiais convencionais por outros mais limpos e que causem menor impacto ao meio ambiente, como o bambu, tijolos ecológicos e o pau-a-pique. Partindo desse ponto, a presente pesquisa descritiva de método qualitativo apresenta como objetivo abordar técnicas e materiais mais sustentáveis para a construção civil. Além disso, busca apresentar críticas, informações teóricas e considerações sobre as técnicas construtivas predominantes no Brasil, visando o avanço da ciência nesse ramo. Por meio de um estudo de caso de bioconstruções na comunidade Aldeia Alegria explicita-se a forma correta de construir utilizando materiais sustentáveis disponíveis na região. Desse modo, verifica-se que é viável e necessário adotar técnicas sustentáveis da mesma forma que são adotadas nas construções da Aldeia Alegria, visto que as construções existentes são feitas de forma limpa, com materiais disponíveis na região, com alternativas inteligentes e de alta produtividade em âmbitos construtivos.

PALAVRAS-CHAVE: Meio ambiente. Sustentabilidade. Bambu. Técnicas construtivas.

SUMMARY

Civil construction is one of those responsible for generating great environmental impact due to the volume of waste that this chain produces. This problem is present from the beginning of the constructions until the end of their useful life; therefore, it is necessary to adopt sustainable alternatives that reduce this impact. In view of the alternatives, conventional materials should be replaced by others that are cleaner and have less impact on the environment, such as bamboo, ecological bricks and pau-a-pique. Starting from this point, the present descriptive research of qualitative method presents as objective to approach techniques and more sustainable materials for the civil construction. In addition, it seeks to present criticism, theoretical information and considerations about the predominant construction techniques in Brazil, aiming at the advancement of science in this field. Through a case study of bioconstructions in the Aldeia Alegria community, the correct way to build using sustainable materials available in the region is explained. Thus, it is verified that it is feasible and necessary to adopt sustainable techniques in the same way that are adopted in the constructions of Aldeia Alegria, since the existing constructions are made in a clean way, with materials available in the region, with intelligent alternatives and high productivity in constructive scopes.

KEYWORDS: Environment. Sustainability. Bamboo. Construction techniques.

RESUMEN

La construcción civil es una de las responsables por generar un gran impacto ambiental debido al volumen de residuos que esta cadena produce. Este problema está presente desde el inicio de las construcciones hasta el final de su vida útil, por lo que es necesario adoptar alternativas sostenibles que reduzcan este impacto. Frente a las alternativas, los materiales convencionales deben ser sustituidos por otros más limpios y de menor impacto ambiental, como el bambú, los ladrillos ecológicos y el pau-a-pique. Partiendo de este punto, la presente investigación descriptiva de método cualitativo presenta como objetivo abordar técnicas y materiales más sostenibles para la construcción civil. Además, busca presentar críticas, informaciones teóricas y consideraciones sobre las técnicas de construcción predominantes en Brasil, visando el avance de la ciencia en este campo. A través de un estudio de caso de bioconstrucciones en la comunidad de Aldeia Alegria, se explica la forma correcta de construir utilizando materiales sostenibles disponibles en la región. De esta forma, se comprueba que es factible y necesario adoptar técnicas sostenibles de la misma forma que se adoptan en las construcciones de Aldeia Alegria, ya que las construcciones existentes se realizan de forma limpia, con materiales disponibles en la región, con alternativas inteligentes y alta productividad en las esferas constructivas.

PALABRAS CLAVE: Medio ambiente. Sostenibilidad. Bambú. Técnicas de construcción.

1 INTRODUÇÃO

Muito se fala, atualmente, sobre sustentabilidade, termo que foi definido em 1991 pela Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento, como algo que atende às necessidades atuais sem comprometer as necessidades das futuras gerações (BRUNDTLAND, 1991). Trata-se de um tema amplo que envolve três dimensões relevantes a serem levadas em consideração: os pilares ambiental, social e econômico.

Nesse contexto, algumas variáveis cooperam para essa discussão sobre sustentabilidade, sendo uma delas o rápido crescimento das cidades e, conseqüentemente, o aditamento das construções que ocasiona grande impacto negativo no meio ambiente. Portanto, com esse acelerado crescimento, a cadeia produtiva da construção civil consome entre 20 e 50% dos recursos naturais de todo o planeta, comportando-se ainda como grande geradora de impactos ambientais, como diz Leite e Matos (2015). Ademais, a quantidade de resíduos gerados pela construção civil preocupa, pois representa de 51% a 70% do total de resíduos das cidades. Outro fator agravante é a inexistência de áreas de transbordo, de triagem e de usinas para reciclagem na maioria dos municípios brasileiros (SILVA; SANTOS; ARAÚJO, 2017).

Bonfim et al. (2020), avaliaram que “[...] as mudanças climáticas naturais e antropogênicas estão provocando o aquecimento global que leva à intensificação na frequência de eventos extremos e esses estão fortemente relacionados ao alto número de emissões dos gases do efeito estufa” (BONFIM et al. 2020, p.756). Por isso, é dever dos cidadãos e dos profissionais da área de arquitetura e engenharia proporem soluções e estratégias mais sustentáveis de utilização dos recursos naturais para a construção civil e exigir fiscalização dos órgãos competentes, a fim de gerar uma consciência ambiental na sociedade, para que as pessoas passem a adotar a prática de construir edificações feitas de forma mais limpa, porque a natureza está respondendo de forma hostil com mudanças drásticas de clima e temperatura.

Existem formas e técnicas mais sustentáveis de se construir que agridem menos o meio ambiente, sendo que uma das formas mais simples para inovação é o conhecimento sobre sustentabilidade colocado em prática, isto é, o conhecimento aplicado e adotado pelos setores produtivos, como defendem Amaral (2005), Agopyan e John (2011). Esses métodos sustentáveis são importantes porque revisitam modelos de arquitetura vernaculares e contribuem inclusive com o resgate de algumas culturas.

1.1 Objetivos

Sob esse viés, este artigo tem como objetivo apresentar informações, críticas e considerações teóricas sobre as formas construtivas predominantes no Brasil e qual o tipo de relação dessas técnicas com o meio ambiente. Além disso, demonstrar formas mais limpas e sustentáveis de construir, que causem menor impacto ao meio ambiente com a apresentação de estudo de caso de bioconstruções sensoriais na Aldeia Alegria, localizada em Patrimônio da Penha, no Espírito Santo. A presente pesquisa também busca gerar conhecimentos novos e úteis acerca de técnicas sustentáveis para construir, visando o avanço da ciência nesse ramo por meio de uma pesquisa descritiva que proporciona uma nova visão sobre bioconstruções desenvolvidas a partir de técnicas de construções mistas e sustentáveis.

1.2 Metodologia

O presente estudo tem caráter descritivo, pois observa as características necessárias, registra e analisa as informações obtidas por meio de um estudo de caso qualitativo na Aldeia Alegria, que fica localizada em Patrimônio da Penha, no Espírito Santo. Este estudo foi realizado pela coleta de dados por meio de uma pesquisa de campo, que é uma observação direta e indireta do espaço para coletar informações relevantes. Além da visita técnica, foi realizada a hospedagem no local para ter uma coleta de dados mais assertiva e alinhada com os objetivos da pesquisa.

2 CONCEITOS DE SUSTENTABILIDADE E SEUS DESAFIOS

O conceito de desenvolvimento sustentável é estudado em todo o mundo e foi definido pela Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento no ano de 1991 como um modelo de desenvolvimento que não prejudica as futuras gerações, visando conciliar o desenvolvimento econômico e a proteção dos equilíbrios sociais e ambientais alertando sobre a incompatibilidade entre desenvolvimento sustentável e os padrões de produção e consumo (BRUNDTLAND, 1991).

O setor da construção civil é responsável por proporcionar qualidade de vida, abrigo, lazer e funcionalidade por meio das construções, ao mesmo tempo é responsável também por uma significativa parcela de geração de resíduos sólidos, emissão de gases de efeito estufa e pelo consumo de recursos naturais incluindo energia e água (AGOPYAN, JOHN, 2011).

Uma das variáveis que colaboram para esse cenário é o desordenado e desigual crescimento das cidades que é fruto dos impactos provenientes da Grande Revolução Industrial, que apesar de proporcionar desenvolvimento, resultou em aglomerações urbanas nas cidades pela grande quantidade de pessoas que foram atraídas do campo para os centros (ROMERO; BRUNA, 2010). Além disso, segundo Silva, Nadee e Neto (2018), em 1950 a população mundial atual era estimada em 2,5 bilhões de pessoas, entretanto, atualmente aproxima-se do patamar de aproximadamente 7,5 bilhões, ou seja, 300% a mais que o esperado. Para 2030 espera-se que este número atinja aproximadamente 8,6 bilhões, em 2050 a 9,8 bilhões e ultrapassando 11,2 bilhões em 2100.

2.1 Construção civil e os resíduos

A grande quantidade de pessoas nas cidades e conseqüentemente alto número de construções, resulta em um grande volume de resíduos. A geração desses resíduos é um fator preocupante em áreas urbanas, pois grande parte desse volume é intensificado pelos processos de construção que ainda não são otimizados. Ademais, na demolição dessas construções aumenta-se exponencialmente a quantidade de detritos que são descartados de forma irregular no ambiente (AGOPYAN; JOHN, 2011).

Existem leis federais que proíbem o descarte de resíduos na natureza como o Inciso V do Parágrafo 2 do Artigo 54 da Lei Federal nº 9.605 de 12 de Fevereiro de 1998, que “[...] dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências” (BRASÍLIA, 1998, p.1). A presente lei impõe que causar poluição que resulta ou possa resultar em danos à saúde humana, mortalidade de animais ou destruir a flora, terá pena de reclusão de um a cinco anos, multa, ou as duas penas cumulativamente, independente se ocorrer por lançamento de resíduos sólidos, líquidos, gasosos, detritos, óleos ou substâncias oleosas.

2.2 Formas alternativas de construir sustentavelmente

Segundo os autores Motta e Aguilar (2009), as práticas que devem ser adotadas para construir de forma sustentável são: planejar corretamente a construção avaliando a implantação, a técnica e métodos construtivos que tenham maior eficiência construtiva; ter eficiência no consumo de água; planejar ambientes com conforto ambiental e eficiência energética para diminuir o consumo de energia, dando preferência a iluminação natural; planejar da melhor forma a construção para ter eficiência no final da vida útil e gerar menos resíduos, preservando os componentes da edificação para reuso e reciclagem ao final do tempo de duração da obra, na fase de demolição (MOTTA; AGUILAR, 2009).

O mercado da construção civil evolui e com isso novas técnicas construtivas surgem. Atualmente há vários materiais sustentáveis para se construir, segundo Fiais e Souza (2017), um exemplo é o tijolo ecológico, que possui esse nome por não ser queimado em fornos como o tijolo convencional, diminuindo assim a emissão de gases poluentes na atmosfera e reduz o descarte de materiais, além de conter também o corte de grande número de árvores. Além disso, o tijolo ecológico proporciona mais agilidade e resistência à obra, apresenta faces regulares e furos que permitem que os sistemas hidráulicos e elétricos sejam embutidos, evitando quebras e, conseqüentemente, entulhos gerados por esse processo (FIAIS; SOUZA, 2017).

Fiais e Souza (2017) discorrem sobre algumas vantagens de construir utilizando essa técnica como: ter a liberdade de optar por utilizar reboco ou não, pois o tijolo possui um acabamento satisfatório mesmo sem reboco; oferecer isolamento acústico; apresentar furos que oferecem a possibilidade de passar parte elétrica e hidráulica sem ter que fragmentar a parede já pronta; proporcionar isolamento térmico; apresentar maior resistência mecânica e ter durabilidade maior do que o tijolo comum (FIAIS; SOUZA, 2017).

Nesse viés, Fiais e Souza (2017) também destacam algumas desvantagens de construir com esse método: As especificações hidráulicas e elétricas devem ser muito bem planejadas para depois não haver quebra, caso seja necessário fazer algum conserto fica evidente o local que houve a intervenção, e o tijolo ecológico absorve mais umidade que o tijolo convencional, ou seja, precisa de mais impermeabilização (FIAIS; SOUZA, 2017).

As figuras 1 e 2 apresentam o formato do tijolo ecológico com seus furos pelos quais passam a parte elétrica e hidráulica e uma edificação construída com essa técnica.

Figura 1 – Tijolos ecológicos



Fonte: Fiais e Souza (2017,p.102)

Figura 2 - Execução da técnica



Fonte: Fiais e Souza (2017,p.100)

Além da técnica dos tijolos ecológicos tem-se a taipa de pilão, conhecida também como pau-a-pique, que é uma técnica construtiva sustentável, produzida ao socar a terra umedecida dentro de uma forma de madeira que se chama taipal, com o auxílio de um pilão. São técnicas antigas e funcionais, há comprovação arqueológica desse tipo de construção que datam entre 9.000 e 5.000 a.C, na Turquia e em outros locais do Oriente Médio (MENDES; BESSA, 2022).

Segundo Moura et al. (2021), há possibilidade de construir mais de um pavimento utilizando essa técnica, pois a partir de uma análise volumétrica dos edifícios feitos de taipa de

pilão, foram identificadas obras com mais de um pavimento, térreo com a presença de sótão, de mezanino ou com pé direito alto (MOURA et al.2021).

Há vantagens e desvantagens de construir utilizando a técnica de taipa de pilão, alguns exemplos de vantagens é que a terra crua regula a umidade ambiental porque o barro gerado pela terra tem a capacidade de absorver e perder a umidade mais rápido que os outros materiais de construção. Outra vantagem é que a terra armazena o calor durante o período de sol e o libera devagar quando a temperatura externa começa a cair, além disso, é uma técnica que pode ser reaproveitada, pois quando a construção é demolida o material pode ser utilizado outras vezes, sendo preciso somente refazer processo de preparo da massa de terra (PISANI, 2004).

Desse modo, há também desvantagens no uso dessa técnica como ser mais suscetível à água, além disso não é um material padronizado, porque depende das características geológicas e climáticas da região que ele é extraído, podendo variar sua composição, cor, resistência e textura, além disso, falta mão de obra especializada para executar essa técnica (PISANI, 2004). A figura 3 mostra a execução de uma obra feita a partir desse método construtivo.

Figura 3 – Construção de taipa de pilão



Fonte: Acervo da autora (2023)

Partindo do princípio de diminuir a emissão de poluentes no meio ambiente, uma técnica que vem ganhando reconhecimento é a de construção a base de cânhamo, que se trata de uma planta que possui inúmeras vantagens (cujo nome científico é *Cannabis sativa var. Sativa*), utilizada para fins industriais, aplicada desde a confecção de pequenas decorações, óleos, alimentos até para fins construtivos. Esse material tem sido utilizado em países da Europa e na América do Norte como um método natural para alvenarias por possuir inúmeras vantagens como ter propriedade termoacústica, propriedades resistentes ao fogo que reduz a propagação e o risco de inalação aos gases tóxicos, porque queima localmente sem emitir fumaça, ademais captura gases de efeito estufa (CO₂) à medida que cresce (BARROS; COSTA, 2023).

Além disso, o cânhamo é de fácil cultivo porque não necessita de irrigação artificial, seu cultivo é anual, a média para amadurecimento da planta é de 3 a 4 meses e o que sobra da colheita resulta em um nutriente valioso para o solo, que também é um benefício para as novas culturas no plantio. Além disso, a planta não necessita de pesticidas, porque é naturalmente imune a fungos e pragas, ademais os materiais derivados da planta são reutilizáveis, biodegradáveis e compostáveis (BARROS; COSTA, 2023).

Desse material é desenvolvido o concreto que tem denominação Hempcrete, ou seja, o concreto a base de Cannabis (cânhamo), que é um concreto feito a partir de uma mistura entre água, cal e cânhamo industrial, sendo assim é um concreto sustentável que pode ser utilizado de várias formas na obra (BARROS; COSTA, 2023).

As principais desvantagens do cânhamo na construção civil é a falta de regulamentação do cultivo no Brasil, que o principal empecilho seria o trâmite e custo de importação da matéria-prima e não poder ser utilizado para fins estruturais, porém, em contrapartida pode ser utilizado para inovar arquitetonicamente por meio das impressões 3D, sendo capaz de reproduzir geometrias pouco convencionais que não seria possível obter a partir do concreto convencional.

Essa técnica é mais utilizada em outros países por não precisar de regulamentação para cultivo e plantio da *Cannabis sativa var. Sativa*, como é necessário no Brasil, porém com os resultados significativos e benefícios apresentados pela planta já transitam projetos de leis no Brasil para liberação de uso industrial e medicinal do Cânhamo (BARROS; COSTA, 2023). A figura 4 mostra um exemplo de construção feita com hempcrete.

Figura 4 - Construção Hempcrete



Fonte: Barros e Costa (2023, p. 45)

Outro material resistente e sustentável é o bambu, que possui inúmeras vantagens como ser renovável, não precisar de replantio, ser encontrado facilmente em todos os lugares, ser livre de corrosão, ferrugem, ter baixo custo, não consumir muita energia e oxigênio em seu processo de utilização, ser bastante flexível e ter uma estética favorável. Além disso, o bambu pode também ser combinado com outros materiais para que se obtenha um resultado satisfatório ao final da construção (CAMARGO; PEREIRA, 2021).

Seguindo essa perspectiva, de acordo com Camargo e Pereira (2021), quando se trata de identificar as propriedades do bambu em comparação ao aço, verificou-se que o bambu possui valores entre 38 a 75 MPa no que se refere a compressão e entre 102 a 125 MPa quando se fala em tração, tendo por sua vez resistência à tração maior quando comparado ao aço. Sendo assim, o bambu é um grande aliado quando se trata de construção, porque pode ser utilizado desde decorações mais simples até elementos estruturais e arquitetônicos de grande porte, feitos com mais pavimentos. Isso é possível pois sua resistência é equivalente à do aço, sendo assim, quando combinado com outros materiais possui resistência ainda maior.

Como toda técnica possui vantagens e desvantagens, umas das inúmeras vantagens do bambu é ter boa flexibilidade, durabilidade, poder ser utilizado tanto na estrutura das construções quanto nos adornos, ser de fácil manejo e cultivo, ser resistente, ser esteticamente agradável e possibilitar construções diferentes das convencionais pela sua versatilidade. Por outro lado, há também desvantagens que devem ser levadas em consideração como possuir alta combustão quando seco, ter tendência à rachadura e fissura se não for tratado de forma adequada, além disso, outro problema é a falta de mão de obra especializada para executar obras que utilizam essa técnica. Dessa forma, apesar dessas desvantagens o bambu ainda continua sendo uma boa opção para utilizar na construção, pois se utilizar o método construtivo adequado e tratá-lo de forma correta, esses problemas serão resolvidos ou amenizados. Um exemplo para diminuir as chances de combustão é aplicá-lo na vertical, pois se torna mais resistente ao fogo do que quando colocado na horizontal, isso se dá devido ao teor de sílica, sua grande densidade e ao sentido das fibras (ARENAS; ARENAS, 2022).

Quanto à tendência à rachadura ou fissura pode-se proceder com o método construtivo adequado. Se tratando de estrutura e cuidados com o material, Arenas e Arenas (2022) complementam que o que traz estabilidade nas estruturas de bambu são os encaixes feitos de forma adequada; esses encaixes podem ser feitos de metal, de cordas, do próprio bambu, de parafusos, de arame, entre outros. Para nós estruturais primários, o uso do parafuso de ferro com arruela e porca é o mais indicado, porém é interessante evitar o contato entre as peças de bambu com o parafuso, para não acontecer fissura ou esmagamento. Dessa forma, o correto é

usar borracha ou silicone, que permite melhor ajuste entre as peças. Sendo assim, com esses cuidados e tratamentos adequados vai evitar problemas indesejados na construção final.

Há várias espécies de bambu em todo o mundo, mas de acordo com Arenas e Arenas (2022), as espécies com resistências mecânicas recomendadas para a construção (principalmente em termos estruturais) são: O *Dendrocalamus giganteus* (Bambu gigante), e o bambu *Guadua*.

Como já mencionado, com as técnicas de cura adequadas, o bambu pode ter sua vida útil prolongada e alguns problemas solucionados. O cuidado com a matéria-prima começa ainda na colheita; deve-se observar a idade do bambu para o corte, pois se tiver idade maior que três anos é considerado mais resistente a ataque de fungos e insetos, e apresentam maior resistência mecânica (ARENAS; ARENAS, 2022).

A colheita e armazenamento do bambu deve ser realizada durante a época seca para que os troncos do bambu tenham um baixo conteúdo de umidade, facilitar seu transporte e diminuir a possibilidade de um ataque de fungos e apodrecer. Além disso, é importante não cortar muitos troncos da mesma planta, pois a longo prazo pode causar sua morte. É importante também armazenar de forma adequada, não se deve encostar os bambus diretamente no solo por conta da umidade; o local que ele for armazenado deve ter uma cobertura, ser limpo e ventilado. Se for armazenado em sentido vertical o bambu secará em quatro semanas, e se estiver armazenado horizontalmente, demorará o dobro para secar, porém é importante ressaltar que se o bambu secar rápido demais ele pode rachar, por isso deve-se ter o controle dos processos (ARENAS; ARENAS, 2022).

A figura 5 mostra a versatilidade do bambu e seu uso desde adornos até como método construtivo.

Figura 5 - Construção de bambu



Fonte: Arenas e Arenas (2022,pag. 1783)

3 DADOS E DISCUSSÕES

A aldeia Alegria fica localizada no distrito de Patrimônio da Penha, no município de Divino de São Lourenço, no Espírito Santo. É um lugar rico em vegetação que fica em meio às montanhas do Caparáó.

O lugar atualmente dispõe de uma casa maior que o proprietário reside com a família e mais três bangalôs construídos que funcionam como pousada e um que está com a obra em andamento.

Todos os bangalôs são construídos a partir de técnicas mistas, feitas de acordo com os materiais disponíveis no período em que são construídos. Em todas as suas construções eles usam como conceito base a permacultura, que segundo Fossaluzza e Reis (2020), significa cultura permanente ou cultura da permanência que se trata de um modo de vida alternativo, que tem como base uma relação de cooperação e não exploração da biosfera; é a integração harmoniosa entre a paisagem e as pessoas de forma sustentável, que respeita a vida e a natureza.

A permacultura possui três pilares que a sustentam: a ecologia, a ética e o método de design que auxilia em como fazer o planejamento consciente de um assentamento humano sustentável, apresentando princípios e passos que orientam esse processo (FOSSALUZZA; REIS, 2020).

Todos os bangalôs possuem vistas privilegiadas; as janelas e vedações em vidro emolduram a paisagem existente e integram a natureza com a arquitetura sustentável de forma harmônica e singular, como mostra a figura 6.

Figura 6 – Vista bangalô



Fonte: Instagram: @aldeiaalegria (2023)

Nas construções as decorações externa e interna são manufaturadas; os materiais que seriam descartados são utilizados, reaproveitados e inseridos na decoração como mostram as figuras 7 e 8.

Na figura 7, pode-se observar o uso de prato de vidro colorido, pires e o fundo de uma fruteira na decoração da entrada principal do Bangalô Ninho Estelar. Na figura 8, tem-se na fachada principal um trabalho manual de decoração feito com massa de terra e bambu.

Figura 7 – Decoração Ninho Estelar



Fonte: Acervo da autora (2023)

Figura 8 – Decoração manual



Fonte: Acervo da autora (2023)

Em todos os bangalôs, no centro, há um mosaico, cada um com sua forma; no Bangalô Ninho Estelar há uma estrela de 6 pontas desenhada no piso com revestimentos de cores diferentes que dão forma ao ponto principal do Ninho. Durante o solstício de verão o Ninho fica sempre colorido com seis arco-íris, que ao meio-dia se alinham com a estrela do mosaico central. Segundo Soga, Kohatsu e Muramatsu (2018), este fenômeno é promovido pela refração da luz que passa pelo prisma de vidro, que está no topo do bangalô; a luz solar branca é separada nas suas componentes devido ao fenômeno da refração, essa luz refrata em ângulos diferentes para cada comprimento de onda da luz, o que leva à decomposição da luz branca formando o arco-íris. A seguir, na figura 9 pode-se observar esse fenômeno.

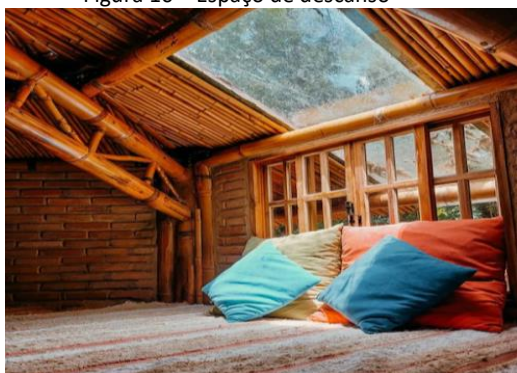
Figura 9 – Os 6 arco-íris



Fonte: Instagram: @aldeiaalegria (2023)

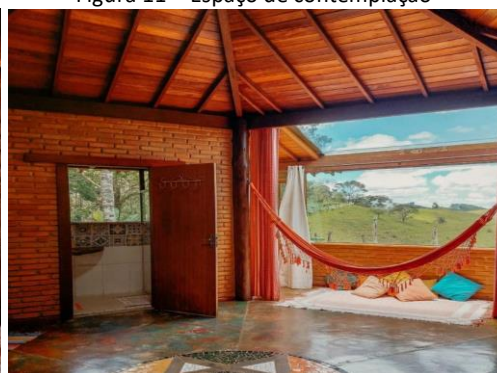
Outro ponto é que todas as construções possuem espaços aconchegantes que estimulam a leitura, descanso e meditação; na figura 10 pode-se observar um desses espaços no mezanino do Bangalô Eternidade, que além de despertar diversos estímulos proporciona uma vista incrível para o céu. Na figura 11 tem-se outro exemplo de área de descanso e integração com a natureza.

Figura 10 – Espaço de descanso



Fonte: Instagram: @aldeiaalegria (2023)

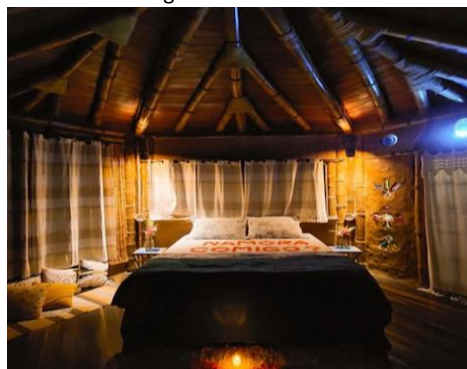
Figura 11 – Espaço de contemplação



Fonte: Instagram: @aldeiaalegria (2023)

Quando se trata de iluminação interna os bangalôs dispõem de iluminação indireta com temperatura de cor quente, que possibilita o contato com uma atmosfera aconchegante, relaxante e agradável quando chega o período da noite. Na área externa não é diferente, a iluminação amarela harmoniza perfeitamente com as cores das fachadas como pode-se observar nas figuras 12 e 13.

Figura 12 – Ambiente interno



Fonte: Instagram: @aldeiaalegria (2023)

Figura 13 – Ambiente externo



Fonte: Instagram: @aldeiaalegria (2023)

Como já mencionado, os bangalôs são feitos com técnicas mistas, um dos materiais utilizados na construção é o bambu. Nessa perspectiva, verificou-se na literatura que o processo de utilização do bambu em construções é possível devido ao fato de ser uma planta de alta resistência, durável, flexível e que pode ser usada tanto na estrutura como em adornos.

Na cobertura do Bangalô Eternidade na Aldeia representada pela figura 14, pode-se observar o uso do bambu exercendo sua função estrutural e de adorno, pois além de servir para estruturar o telhado foi utilizado como forro. Isso foi possível porque segundo Camargo e Pereira (2021), o bambu tem resistência maior que o aço, possibilitando seu uso estrutural sem quaisquer problemas.

Nas construções são utilizadas três espécies de bambu que são denominadas: Bambu gigante cujo nome científico é *Dendrocalamus giganteus*, bambu mossô cientificamente conhecido como *Phyllostachys edulis* e o bambu *Guadua*. Na figura 15 pode-se observar que o bambu é usado para conferir estrutura, beleza e funcionalidade ao mezanino, que é feito exclusivamente do bambu; nessa construção foram utilizados três tipos de bambu; para fazer a “esteira de assento” foi utilizado o bambu mossô e na estrutura o bambu gigante e o bambu *Guadua*. Essa escolha foi correta, pois na literatura os autores Arenas e Arenas (2022) defendem que essas espécies possuem resistência mecânica para serem utilizadas de forma estrutural.

Figura 14 – Cobertura



Fonte: Instagram: @aldeiaalegria (2023)

Figura 15 – Mezanino de bambu



Fonte: Instagram: @aldeiaalegria (2023)

Outras técnicas utilizadas nas construções são o pau-a-pique e a técnica de tijolos ecológicos. No Bangalô Ocabocla são aplicadas essas duas técnicas juntas, algumas paredes são feitas de tijolos ecológicos e outras de pau-a-pique. Mesmo possuindo dois pavimentos isso é possível, pois segundo Moura et al. (2021), é possível ter edificações com mais de um pavimento utilizando o pau-a-pique. Na figura 16, pode-se observar o uso dessas técnicas. Além disso, na figura 17, pode-se observar que a construção que utiliza o bambu possui uma base de concreto e são protegidos da chuva por meio de beirais em sua cobertura; seguindo as diretrizes de utilização e cuidados ditas por Arenas e Arenas (2022), isso está correto, porque o bambu não pode ter contato direto com o solo devido a umidade, e nem ficar em locais descobertos devido à chuva. Esse cuidado prolonga a vida útil do material.

Figura 16 – Construção mista



Fonte: Instagram: @aldeiaalegria (2023)

Figura 17 – Construção com base de concreto



Fonte: Instagram: @aldeiaalegria (2023)

A figura 18 mostra amarrações feitas a partir de cordas nos encontros dos bambus; por baixo dessas amarrações há parafusos que prendem e dão mais sustentação a estrutura; isso é importante pois o que traz estabilidade nas estruturas de bambu são os encaixes feitos de forma adequada, como mencionado por Arenas e Arenas (2022).

Figura 18 – Estrutura de bambu



Fonte: Instagram: @aldeiaalegria (2023)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, é evidente a relevância e a necessidade de substituição das técnicas e materiais construtivos convencionais por aqueles que causem menor impacto ao meio ambiente. São perceptíveis os desgastes causados tanto em âmbito ambiental, social e econômico ocasionados por esses materiais convencionais, esse problema está presente desde a extração dos materiais até o final da vida útil das construções com a geração de resíduos.

Por isso, com a presente pesquisa, pode-se concluir que existem materiais sustentáveis e de fácil acesso prontos para substituir os materiais convencionais, como o bambu que é um material renovável, tem propriedades comparáveis aos dos materiais convencionais e pode ser utilizado tanto em construções mais simples quanto nas de grande porte, por possuir resistência comparável a resistência do aço. Não só, mas também os tijolos ecológicos e o pau-a-pique são alternativas inteligentes e sustentáveis, pois apresentam alta produtividade e menor desperdício.

Ademais, o Hempcrete é também um material de altíssima qualidade em âmbitos sustentáveis, pois a planta que é extraída o material captura gases de efeito estufa à medida que cresce, é de fácil cultivo e o que sobra da colheita resulta em nutriente para o solo. Com isso, o Hempcrete é factível para ser utilizado de diferentes formas nas construções, porém no

Brasil não se torna tão viável atualmente por não possuir regulamentação de cultivo da planta, podendo se tornar uma boa alternativa para o futuro.

Com o estudo de caso realizado na Aldeia Alegria, pode-se completar que as técnicas utilizadas nas construções existentes são realizadas de forma adequada por não causar tanto impacto negativo ao meio ambiente quando comparado com técnicas de construções convencionais. Portanto, de acordo com os conhecimentos adquiridos ao longo da pesquisa, as construções são funcionais, sustentáveis e adequadas para o meio que elas estão inseridas.

Por fim, é dever dos arquitetos e engenheiros incentivarem o uso dessas técnicas e materiais sustentáveis a fim de diminuir o impacto causado ao meio ambiente. Além disso, é dever do governo oferecer ações políticas para isenção de impostos para arquitetura vernacular, com o intuito de incentivar a população a construir de forma sustentável.

5 REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V., JOHN, V. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. São Paulo: Edgard Blucher, 2011.

AMARAL, Sergio. **Sustentabilidade ambiental, social e econômica nas empresas**. São Paulo: Totalino, 2005.

ARENAS, N.; ARENAS, M. Casas de bambu, como uma solução de políticas públicas habitacional para região Amazônica. **Revista Conjecturas**, v.22, n.1, p. 1771-1787, 2022. Disponível em: <https://conjecturas.org/index.php/edicoes/article/view/677>. Acesso em: 02 mai. 2023.

BARROS, R.; COSTA, L. A utilização de novas tecnologias para otimizar a construção civil. **Revista Boletim do Gerenciamento**, v.34, n.34, p. 38-48, 2023. Disponível em: <https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/591>. Acesso em: 25 abr. 2023.

BONFIM, Osmar et al. Análise dos eventos climáticos extremos e de suas causas climáticas para redução de riscos nas bacias hidrográficas Aguapeí e Peixe, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 35, n. Especial, p. 755-768, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/vqQTJrVVkqvqfcZjTKGVvWv/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 30 de mar. 2023.

BRASIL. [Constituição (1988)]. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República, [2012]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm#:~:text=outros%20Crimes%20Ambientais-,Art.,a%20quatro%20anos%2C%20e%20multa. Acesso em: 21 abr. 2023.

BRITO, F.; SOUZA, J. Expansão urbana nas grandes metrópoles: o significado das migrações intrametropolitanas e da mobilidade pendular na reprodução da pobreza. **Brasil scientific electronic library online**, v.19, n.4, p. 48-63, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/spp/a/Q756QhjGrpsfXGBV4zpYhNk/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 abr. 2023

BRUNDTLAND, Gro. Nosso futuro comum. In: COMISSÃO MUNDIAL SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 2., Rio de Janeiro, 1991. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro: Editora FGV, 1991. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4245128/mod_resource/content/3/Nosso%20Futuro%20Comum.pdf. Acesso em: 20 mar. 2023.

CAMARGO, D; PEREIRA, K. Utilização de bambu como elemento sustentável na arquitetura e construção civil: uma revisão bibliográfica. **Engineering Sciences**, v.9, n.2, p.163-173, 2021. Disponível em: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-3055.2021.002.0014>. Acesso em: 11 abr. 2023.

FIAIS, B.; SOUZA, D. Construção sustentável com tijolo ecológico. **Revista Engenharia em Ação UniToledo**, v.2, n.1, p. 94-108, 2017. Disponível em: <http://ojs.toledo.br/index.php/engenharias/article/view/2559/154#>. Acesso em: 21 abr. 2023.

FOSSALUZA, A.; REIS, M. O Ensino de Permacultura no Brasil: o papel dos Cursos de Design em Permacultura (PDCs) e as contribuições da Educação Ambiental Crítica. **Brasil scientific electronic library online**, v.26, p. 1-17, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/sGdhTzCJ6TtccfWFpp9hYF/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 29 mai. 2023.

LEITE, L.; MATOS, J. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Brasil scientific electronic library online**, v.61, n.358, p. 178-189, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ce/a/8v5cGYtby3Xm3Snd6NjNdtQ/?format=pdf&lang=pt> . Acesso em: 28 mar. 2023.

PROPRIETÁRIO da Aldeia Alegria, Marcius Cardoso, apresenta imagens da Aldeia Alegria. [São Lourenço], 05 mai. 2023. Instagram: @aldeiaalegria. Disponível em: <https://www.instagram.com/aldeiaalegria/>. Acesso em: 5 mai. 2023.

MENDES, L.; BESSA, S. Análise da evolução tecnológica da taipa de pilão contemporânea. **Revista Mix sustentável**, v.8, n.1, p. 66-77, 2022. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/4650>. Acesso em: 27 abr. 2023.

MOTTA, S; AGUILAR, M. Sustentabilidade e processos de projetos de edificações. **Gestão e tecnologia de projetos**, v.4, n.1, p. 84 - 119, 2009. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50953/55034> . Acesso em: 11 abr. 2023.

MOURA et al. Andressa. Considerações sobre as edificações de taipa de pilão no Brasil: Do período colonial ao contemporâneo. In: IV encontro latino-americano e europeu sobre edificações e comunidades sustentáveis, IV edição, Bahia. **Anais eletrônicos...** Entidade patrocinadora do evento: UFBA, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/35359>. Acesso em: 04 mai. 2023.

ROMÉRO, M., BRUNA, G. **Metrópoles e o Desafio Urbano: Frente ao Meio Ambiente**. São Paulo: Edgard Blucher, 2010.

SILVA, A. K. C.; NADAE J.; NETO M.B.G. Economia Circular e Sustentabilidade: análise do estado-da-arte da produção científica. XXI SEMEAD - Seminários em Administração - novembro de 2018 - ISSN 2177-3866, 2018. Disponível em: <https://login.semead.com.br/21semead/anais/arquivos/1341.pdf>. Acesso em: 04/05/2023.

SILVA, W.; SANTOS, G.; ARAÚJO, W. Resíduos sólidos da construção civil: caracterização, alternativas de reuso e retorno econômico. **Gestão e sustentabilidade ambiental**, v.6, n.2, p. 286 - 301, 2017. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/3790/3172 . Acesso em: 28 mar. 2023.

SOGA, D.; KOHATSU, D.; MURAMATSU, M. Revisitando os prismas caseiros: Uma Atividade Experimental no Estudo da Refração da Luz. **Física na escola**, v.16, n.2, p. 78 - 86, 2018. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/369d5c9f-2b43-45f7-8d1a-07ea694c0e78/a14-low.pdf> . Acesso em: 17 mai. 2023.

PISANI, Maria. Taipas: A arquitetura de terra. **ResearchGate**, v.5, n.1, p. 09-15, 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Maria-Augusta-Pisani-2/publication/271829655_TAIPAS_A_ARQUITETURA_DE_TERRA/links/54d27cd10cf2b0c61469bf06/TAIPAS-A-ARQUITETURA-DE-TERRA.pdf . Acesso em: 01 mai. 2023.