

**FACULDADE PATOS DE MINAS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ANA PAULA CAIXETA DE CASTRO  
LUIZ CARLOS FERREIRA BORGES  
RAFAEL QUEIROZ FARNESE**

**CONSTRUÇÃO DE CASAS SUSTENTÁVEIS A  
PARTIR DO USO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS PELA  
CONSTRUÇÃO CIVIL**

**PATOS DE MINAS  
2016**

**ANA PAULA CAIXETA DE CASTRO  
LUIZ CARLOS FERREIRA BORGES  
RAFAEL QUEIROZ FARNESE**

**CONSTRUÇÃO DE CASAS SUSTENTÁVEIS A  
PARTIR DO USO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS PELA  
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Faculdade Patos de Minas  
como requisito para obtenção do grau de  
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Vinícius Sandovani da  
Silva Alves

**PATOS DE MINAS  
2016**

Candidatos:

ANA PAULA CAIXETA DE CASTRO

LUIZ CARLOS FERREIRA BORGES

RAFAEL QUEIROZ FARNESE

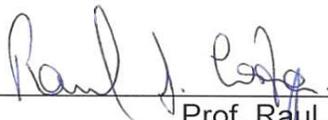
Título: CONSTRUÇÃO DE CASAS SUSTENTÁVEIS A PARTIR DO USO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS PELA CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade Patos de Minas como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil – FACULDADE PATOS DE MINAS

Data: 02 de maio de 2016.



Prof. Vinicius Sandovani da Silva Alves  
Orientador



Prof. Raul José  
Examinador



Prof. Willyder Leandro Rocha Peres  
Examinador

Aprovado (X)

Reprovado ( )

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, que permitiu que tudo isso acontecesse ao decorrer de nossas vidas, não somente nestes anos como universitários, mas em todos os momentos.

Ao nosso orientador, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

Agradecemos a todos os professores, por compartilhar seus conhecimentos, vivências, experiências e nos fazer acreditar que somos capazes de transformar sonhos em realidade.

Aos nossos familiares e amigos, pelo amor e compreensão, por estarem sempre ao nosso lado, nos incentivando e dando força para vencermos mais uma batalha.

A todos que fizeram parte da nossa formação, o nosso muito obrigado

CASTRO, Ana Paula Caixeta de; BORGES, Luiz Carlos Ferreira; FARNESE, Rafael Queiroz. **CONSTRUÇÃO DE CASAS SUSTENTÁVEIS A PARTIR DO USO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS PELA CONSTRUÇÃO CIVIL.** 2016. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Fpm - Faculdade Patos de Minas, Patos de Minas, 2016.

ESTÁ AUTORIZADA INTEGRAL OU PARCIALMENTE A REPRODUÇÃO DESTES TRABALHOS, PARA FINS DE ESTUDO E/OU PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

## RESUMO

O desenvolvimento de estudos que abordam a respeito da construção de casas com tijolos ecológicos representa importante relevância para a sociedade, possibilitando o entendimento de que é possível obter o conforto e a funcionalidade da moradia juntamente com a conservação do meio ambiente e de seus recursos naturais. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar as vantagens e desvantagens da construção de casas sustentáveis a partir do uso de tijolos ecológicos com o método convencional usado pela Construção Civil. A metodologia deste estudo será a pesquisa bibliográfica, cuja finalidade é proporcionar a base para a redação de um trabalho científico, sendo possível alcançar os objetivos desejados a partir da coleta de referenciais teóricos que tratam da temática proposta neste estudo. A pesquisa indica que a construção com tijolos ecológicos pode apresentar vantagens ambientais, estruturais e de conforto. O uso de tijolos ecológicos proporciona vantagens ao meio ambiente uma vez que permite o aproveitamento de materiais que normalmente seriam descartados e conseqüentemente contribuiria com a poluição do espaço urbano, além de proporcionar obras mais limpas e organizadas, havendo a redução no custo com assentamentos e acabamentos, mantendo também um sistema modular que facilita o encaixe dos mesmos, especialmente a maior facilidade de instalação de redes elétricas e hidráulicas comparada com a alvenaria convencional.

**Palavras-chave:** Casas Sustentáveis. Tijolos Ecológicos. Construção Civil.

## ABSTRACT

The development of studies that discuss about the construction of houses with ecological bricks is important relevance to society, enabling the understanding that you can get the comfort and functionality of the house along with the conservation of the environment and its natural resources. In this context, the aim of this paper is to present the advantages and disadvantages of building sustainable houses from the use of ecological bricks with the conventional method used by Construction. The methodology of this study is the literature whose purpose is to provide the basis for the writing of a scientific paper, and you can achieve the desired goals from the collection of theoretical references with the theme proposed in this study. Research indicates that building with ecological bricks can present environmental, structural and comfort. The use of green bricks provides advantages to the environment since it allows the use of materials that would normally be discarded and thus contribute to pollution of the urban space, as well as providing more clean and organized works, with the reduction in cost settlements and finishing also maintaining a modular system which facilitates the fitting thereof, especially the ease of electrical and hydraulic network installation compared with conventional masonry.

**Keywords:** Sustainable Homes. Ecological bricks. Construction.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Exemplo de projetos que asseguram a sustentabilidade.....	11
Figura 2	Exemplo de planejamento urbano com menor impacto ambiental Brasília – DF.....	16
Figura 3	Exemplo de interiores que propiciam equilíbrio ambiental.....	17
Figura 4	O empreendimento pertence à Fundação Forluminas de Seguridade Social (Forluz).....	19
Figura 5	São José dos Campos - SP é referência em reutilização de resíduos sólidos da construção civil.....	21
Figura 6	Exemplo de edifício ecológico com telhado verde.....	22
Figura 7	Tijolo de solo-cimento tipo canaleta para a execução de vergas e cintas de amarração.....	27
Figura 8	Tijolo ecológico constituído pela mistura padrão de solo-cimento com proporção de 10:1 (Dimensões 6,25 x 12,5 x 25 cm).....	27
Figura 9	Tijolo ecológico constituído pela mistura padrão de solo-cimento com proporção de 10:1.....	28
Figura 10	Fabricação de tijolo ecológico modular.....	29
Figura 11	Tijolo ecológico modular.....	29
Figura 12	Resultado da cor de queima dos corpos de prova para tijolos constituídos de lodo.....	31
Figura 13	Tijolo ecológico de entulho.....	32
Figura 14	Tijolo ecológico com garrafa pet.....	33
Figura 15	Sistema de sustentação convencional x ecológico modular.....	35
Figura 16	Revestimento em paredes com tijolos convencionais e ecológicos....	36

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	08
1.1	<b>Problemática</b> .....	09
1.2	<b>Objetivos</b> .....	09
1.2.1	<i>Objetivo Geral</i> .....	09
1.2.2	<i>Objetivos específicos</i> .....	10
1.3	<b>Justificativa</b> .....	10
1.4	<b>Metodologia</b> .....	10
2	<b>MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL</b> .....	11
3	<b>CONSTRUÇÕES ECOLÓGICAS</b> .....	16
4	<b>PROCESSOS ECOLÓGICOS E SUSTENTÁVEIS ADOTADOS PELA CONSTRUÇÃO CIVIL</b> .....	20
5	<b>O USO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS</b> .....	26
5.1	<b>Conceito</b> .....	26
5.2	<b>Tipos</b> .....	26
6	<b>VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS COMPARADAS COM OS TIJOLOS CONVENCIONAIS PELA CONSTRUÇÃO CIVIL</b> .....	34
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	40
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	42

## 1 INTRODUÇÃO

Os centros urbanos, atualmente, se encontram incluídos em um processo de transformação que engloba questões econômicas, políticas, sociais e ambientais, gerando atividades produtivas a toda a população das cidades. Essas atividades produtivas alavancam o crescimento da população e o consumo dos recursos naturais existentes nos centros urbanos, influenciando diretamente na qualidade de vida dos cidadãos, já que os centros urbanos não são autossustentáveis e consomem recursos naturais. <sup>(1)</sup>

O espaço urbano é constituído por fragmentos que permanecem articulados por fluxos de pessoas, informações, recursos, bens, valores e outros fatores que influenciam no desenvolvimento das cidades e conseqüentemente na ocupação do solo urbano. O modo de produção capitalista das cidades fez com que as estruturas físicas dos bairros se expandissem de forma padronizada e os métodos de socialização como prédios, ruas, avenidas, colaborassem para o aumento do impacto na natureza a fim de transformar as áreas verdes em locais de circulação da população, fragmentando cada vez mais os espaços destinados à natureza em geral. <sup>(1)</sup>

O espaço urbano como condição de desenvolvimento tendo sua função legitimada, deve estar permeado pelo caráter multidimensional da sociedade. Isto demonstra que o desenvolvimento só alcançara sua efetividade quando conseguir concretizar e operacionalizar o espaço social de modo dinâmico, permitindo que os cidadãos possam crescer em conjunto, valorizando os interesses coletivos, combatendo as concepções individuais e de poder; e, sobretudo preservando o meio ambiente e seus recursos naturais. <sup>(2)</sup>

As construções ecológicas e sustentáveis proporcionam não apenas conforto aos moradores, mas também baixo custo de manutenção, sendo possível reduzir ainda o condicionamento mecânico que envolve a estrutura e os instrumentos utilizados para possibilitar o controle térmico e acústico, a partir do aproveitamento dos recursos naturais. <sup>(3)</sup>

Esse tipo de construção, com uso de material alternativo, que visa à sustentabilidade das edificações, vem sendo uma tendência do atual mercado: a de

oferecer condições sustentáveis de construção tanto no material empregado, quanto na arquitetura e uso de recursos, com vistas à proteção ambiental e condições econômicas vantajosas para os consumidores finais.

A adoção de tijolos ecológicos tem se destacado na Construção Civil por atender os princípios ambientais e sustentáveis, uma vez que estes materiais não necessitam de queima, um processo que polui significativamente o meio ambiente, e também são compostos por materiais e substâncias recicladas, diminuindo o volume de lixo despejado no meio ambiente. Diante disso, a problemática deste estudo parte da análise da seguinte questão: Como o tijolo ecológico pode influenciar no menor impacto ambiental?

As composições de 10% a 15% de lodo proveniente de Estações de Tratamento de Efluentes podem apresentar resultados promissores quando considerados os requisitos recomendados para a fabricação de tijolos utilizados pela Construção Civil. Seus principais benefícios é a diminuição dos custos de matéria prima, além da diminuição do impacto ambiental. Ressalta-se que a fabricação de blocos cerâmicos segue a NBR 15270, responsável pelo estabelecimento de especificações técnicas para atender os parâmetros de qualidade para dimensões, planeza, desvio ao esquadro, absorção de água e de resistência a compressão. <sup>(4)</sup>

## **1.1 Problemática**

- Como o tijolo ecológico pode influenciar no menor impacto ambiental?

## **1.2 Objetivos**

### *1.2.1 Objetivo Geral*

- Apresentar as vantagens e desvantagens da construção de casas sustentáveis a partir do uso de tijolos ecológicos com o sistema convencional usado pela Construção Civil.

### *1.2.2 Objetivos específicos*

- Compreender a relação entre meio ambiente e desenvolvimento sustentável na Construção Civil;
- Demonstrar os aspectos gerais que abrangem a construção de casas sustentáveis e ecológicas;
- Apresentar diferentes tipos de tijolos ecológicos encontrados no mercado, bem como suas características e composições.

### **1.3 Justificativa**

O reaproveitamento, a reciclagem, a redução de resíduos, e as práticas ecológicas são fundamentais para uma sociedade apoiada no desenvolvimento sustentável, sendo possível atender as necessidades da população atualmente sem comprometer o meio ambiente. Desta forma, o desenvolvimento de estudos que abordam a respeito da construção de casas sustentáveis representa importante relevância para a sociedade, possibilitando o entendimento de que é possível obter o conforto e a funcionalidade da moradia juntamente com a conservação do meio ambiente e de seus recursos naturais.

Além disso, a justificativa se dá em primeiro plano, devido a necessidade de desenvolver materiais alternativos, “mais limpos”, que atendam os requisitos de sustentabilidade que abrangem a construção de casas ecológicas.

### **1.4 Metodologia**

Este estudo será desenvolvido a partir de uma pesquisa bibliográfica, que tem como objetivo coletar informações de referenciais teóricos e assim alcançar a temática proposta.

Para a coleta de dados, serão utilizados livros, artigos científicos de bases de dados reconhecidas e periódicos que abordam o assunto, proporcionando o conhecimento aprofundado necessário para a conclusão deste estudo.

## 2 MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os aspectos ambientais que asseguram o alcance da sustentabilidade são consequências do desenvolvimento econômico e social com o uso indiscriminado dos recursos naturais.

Diante disso, constata-se que nos ecossistemas urbanos há a carência de mecanismos responsáveis por controlar o consumo de energia, e possibilitar o uso consciente dos recursos naturais, equilibrando a demanda energética com relação ao consumo humano. <sup>(5)</sup> Neste ponto, sabe-se que as mudanças ambientais por elementos bióticos e a manutenção da biodiversidade é obtida de modo a assegurar o bem-estar dos cidadãos. <sup>(6)</sup>

A Construção Civil é o setor responsável por consumir grande parcela dos recursos naturais mundiais, além de seus produtos e respectivos processos serem mantidos como os principais consumidores de energia. Com isso, identifica-se que um dos maiores desafios da Construção Civil é superar o conflito existente entre desenvolvimento e preservação do meio ambiente, planejando e viabilizando projetos que asseguram a sustentabilidade. <sup>(7)</sup> A figura 1 demonstra exemplo de projetos que asseguram a sustentabilidade, com criação de telhado verde, preservação de áreas permeáveis, arborização e natureza em seu torno.

**Figura 1** – Exemplo de projetos que asseguram a sustentabilidade



**Fonte:** <sup>(8)</sup>

Mediante estes fatos, a falta de planejamento gerando uma engenharia ineficiente, juntamente com a deficiência de mão de obra na Construção Civil incide na utilização de maior quantidade de recursos naturais, promovendo a produção de resíduos e impedindo a adoção de uma construção racionalizada, exigindo que as empresas implementem medidas, como por exemplo, o reaproveitamento que visa à gestão dos resíduos de construção, abrangendo os ideais ambientais que priorizam o alcance da sustentabilidade. Isto torna-se um desafio, pois o desenvolvimento sustentável na Construção Civil implica em processos e técnicas responsáveis por aumentar a sustentabilidade a partir da reflexão sobre processos e técnicas mais conscientes e uso de matérias primas alternativas que estão de acordo com todas as fases do projeto. <sup>(9)</sup>

“A construção sustentável é um conjunto de estratégias de utilização do solo, projeto arquitetônico e construção em si que reduzem o impacto ambiental e visam a um menor consumo de energia, à proteção dos ecossistemas e mais saúde para os ocupantes”. <sup>(9)</sup>

“Para a construção ser sustentável, devem-se atender ao tripé que define a própria sustentabilidade, incluindo aspectos ambientais, sociais e econômicos”. <sup>(10)</sup> O princípio geral da construção sustentável permanece voltado para a redução das consequências geradas pelo avanço da urbanização, buscando-se minimizar a poluição do ar; economizar o uso de energia; reduzir o consumo de água; tratar corretamente os materiais que são nocivos ao meio ambiente e seres vivos; ou garantir o seu descarte adequado; aperfeiçoar as condições de segurança das construções; oferecer qualidade de vida aos seres humanos no seu ambiente. <sup>(10)</sup>

#### **Quadro 1 – Temas para alcançar a sustentabilidade na Construção Civil**

	<b>Subtemas</b>
<b>Temas ambientais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitar poluição;</li> <li>- Proteção e melhoria da biodiversidade;</li> <li>- Melhoria de eficiência energética;</li> <li>- Uso eficiente de recursos.</li> </ul>
<b>Temas sociais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Respeito à equipe de funcionários;</li> <li>- Relacionamento com comunidades locais;</li> </ul>

	- Estabelecimento de parcerias.
<b>Temas econômicos</b>	- Aumento de produtividade e lucro; - Melhoria no projeto (produto oferecido); - Monitoramento e relato de desempenho versus metas.

**Fonte:** <sup>(10)</sup>

A garantia da sustentabilidade pela Construção Civil precisa ser discutida a partir de duas concepções de cidades, o modelo compacto que parte da produção sustentável do espaço urbano; e o modelo disperso fundamentado no modo de produção capitalista. A problemática deste entendimento envolve a possibilidade de consolidar efetivamente os projetos orientados pelos princípios ambientais, que não servem apenas como instrumento de atração econômica, promovendo ainda mais o consumo e o enriquecimento de capital. As certificações ambientais surgem como uma tentativa de orientar as construções a obter funcionalidades ecológicas e sustentáveis, promovendo o conceito ambiental. <sup>(1)</sup>

Embora seja evidenciado e seja comprovado que as certificações ambientais possam ser mantidas como instrumentos importantes para tornar o espaço urbano mais adequado e menos agressivo ao meio ambiente, muitas das certificações ambientais, também atendem a necessidade estratégica e propósito de especulação imobiliária, deixando em segundo plano os reais danos ambientais e sociais provocados pelas construções a longo prazo. <sup>(1)</sup>

A procura pelos selos verdes não garante que o cuidado com o meio ambiente seja exercido, apenas promove novas abordagens e ideais de consumo. Para compreender se o papel dos selos verdes está sendo praticado de acordo com o conjunto simbólico que ele representa, torna-se primordial a avaliação das obras e dos usuários, que se materializam com cada empreendimento. <sup>(1)</sup>

As práticas realizadas pelas construtoras no planejamento urbano e seus empreendimentos, agregam apenas um conjunto simbólico ambiental, não indo de encontro à articulação da sociedade e natureza, resumindo-se apenas em diferenciais inseridos no mercado de competitividade cada vez mais acirrado. O atendimento das diretrizes que rondam o protecionismo ambiental das legislações não surge para proteger o meio ambiente em primeira instância, mas para satisfazer

a lógica consumerista e garantir com que gerações futuras possam ser ainda beneficiadas. <sup>(1)</sup>

O setor da construção civil impacta no resultado global da produtividade econômica do país, aumentando notoriamente o produto interno bruto, ampliando as oportunidades produtivas e de investimentos financeiros, gerando vantagens econômicas diretas, indiretas e futuras tanto para os consumidores, quanto para os empreendedores. <sup>(11)</sup>

O Estado perdeu o monopólio, não exercendo sua função de organizador do espaço urbano, fazendo com que o conceito de sustentabilidade seja reduzido ao sentido do “ecologicamente correto”, bem como do “economicamente viável”, priorizando o desenvolvimento das metrópoles. Diante disso, compreende-se que a sustentabilidade na Construção Civil só poderá ser alcançada quando houver o esgotamento do paradigma capitalista em razão da integração entre os espaços urbanos, cidadãos, economia e meio ambiente. <sup>(12)</sup>

A sustentabilidade se relaciona com os preceitos de Educação Ambiental e Bioecologia do desenvolvimento humano, pois priorizam a construção de um novo paradigma de relações entre os cidadãos, possibilitando transformações nos processos de produção e socialização. <sup>(13)</sup>

A construção civil é um dos ramos com maior potencial na redução do impacto ambiental, a partir da prática de princípios, técnicas e materiais sustentáveis, disponibilizados pela crescente evolução tecnológica e de comportamento. <sup>(14)</sup> No entanto, as tensões entre o desenvolvimento urbano e a conservação do meio ambiente persistem na sociedade em decorrência de vieses economicistas e faltas de especificações e debates sobre esta questão. <sup>(15)</sup>

No contexto do desenvolvimento sustentável, o conceito transcende a sustentabilidade ambiental, para abraçar a sustentabilidade econômica e social, que enfatiza a adição de valor à qualidade de vida dos indivíduos e das comunidades. Teoricamente, segundo o discurso institucional, a sustentabilidade assumiu um lugar na área da construção, tendo em conta seu papel organizador no espaço geográfico urbano. O conceito diz respeito à criação de modelos de construção civil para enfrentamento dos problemas ambientais desta época, sem ter que renunciar a

tecnologias ou conforto de aquisições que atendam às necessidades e desejos dos clientes. <sup>(16)</sup>

A marcha do desenvolvimento sustentável se mantém a um ritmo acelerado atualmente no aspecto econômico e social, sendo possível desenvolver projetos eficientes e que respeitem os valores ambientais. No entanto, esse enfoque não garante a sustentabilidade, já que nem sempre estes projetos respeitam as particularidades locais e outras dimensões que proporcionam o desenvolvimento. Isto engloba não apenas explicações teóricas, mas, sobretudo aplicações práticas, envolvendo todos os recursos utilizados e seus custos. O ritmo depende, pois, da relação custo-lucro, e não da relação preservação-sustentabilidade. <sup>(17)</sup>

Assim, pelo discurso institucional, compreende-se que o custo não é pensado apenas como gasto na construção. A transição de uma construção para uma construção sustentável levaria a marca do custo ambiental e do custo no longo prazo, ou seja, uma economia de custos significa que seriam poupados gastos a partir de uma escolha pela construção que emprega recursos diferenciados, pensados para gerar menor impacto ambiental e para adoção de soluções que não esgotariam as reservas que o planeta possui. <sup>(16)</sup>

### 3 CONSTRUÇÕES ECOLÓGICAS

A construção ecológica pode ser definida como sendo "a prática de criar modelos mais saudáveis e de aproveitamento mais eficiente dos recursos na construção, reforma, operação, manutenção e demolição de edificações". Esse tipo de construção se relaciona com o meio ambiente de maneira menos prejudicial, causando impacto menor no ambiente externo, integrando-o e gerando um estilo saudável de vida. <sup>(18)</sup>

A figura 2 demonstra um bom planejamento que causa menor impacto ambiental, preservando áreas permeáveis, arborização e melhor conforto visual.

**Figura 2** – Exemplo de planejamento urbano com menor impacto ambiental –  
Brasília - DF



**Fonte:** <sup>(19)</sup>

O termo “construção ecológica”, pouco empregado como uma definição, é mais utilizado como uma forma de se referir às construções que se encaixam no conceito de construção sustentável, ou seja, que respeitam a diversidade ecológica do local onde são construídos os prédios. A associação da ecologia com a construção tem trazido uma série de benefícios ao meio ambiente e espaço urbano,

além de, em certos aspectos, promover maior conforto e bem-estar às pessoas do que os correspondentes artificiais.

A construção ecológica aplica recursos imediatos disponibilizados pelo meio, a fim de alcançar inúmeros tipos de conforto térmico, de ventilação natural, de luz e outros que propiciam o equilíbrio ambiental. Esse tipo de construção faz uso dos recursos do próprio ambiente para facilitar e melhorar o cotidiano humano. Nesse sentido, os esforços do projetista envolvem a necessidade de produzir o melhor nível de conforto nos interiores das edificações, sendo possível adaptar o clima e todo o contexto dos projetos de maneira holística, considerando não apenas as opções renováveis e limpas, mas os princípios da arquitetura geral. <sup>(20)</sup>

A figura 3 demonstra que há uma compatibilização entre dois ambientes, que trazem os seguintes benefícios para os ocupantes, melhor qualidade do ar interna, melhor conforto térmico, luz natural e área verde para edificações que não possuem quintal.

**Figura 3** – Exemplo de interiores que propiciam conforto ambiental



**Fonte:** <sup>(21)</sup>

São exemplos de edifícios ecológicos aqueles que possuem geração autônoma de eletricidade, mictórios sem água, telhados verdes, entre outros. Esses edifícios podem ser residenciais, escolares, hospitalares, empresariais e qualquer outro empreendimento que permita práticas ecológicas de construção. <sup>(18)</sup> O edifício ecológico é aquele que garante que recursos e meio ambiente, em seu uso, não entrarão em conflito e poderão ser empregados e aproveitados por futuras gerações. <sup>(18)</sup>

A construção e a gestão do ambiente construído devem ser vistos com uma parte do ciclo de vida. Há duas tendências dessas construções: uma ligada aos centros de pesquisas em tecnologias alternativas e que defendem o resgate de materiais e tecnologias vernáculos, com uso de terra crua, palha, madeira, pedra, bambu e outros materiais naturais pouco processados, incentivando a construção de ecovilas e comunidades alternativas. <sup>(16)</sup>

Outra direção é a que aponta para os empreendimentos verdes, com certificações, no âmbito do urbano. Mas, muitos desses empreendimentos refletem apenas esforços no sentido de economia de energia, e, na maior parte das construções, há uma convencionalidade e não uma alternativa. Certas certificações podem ser importantes para outros países, mas tem pouca relevância no Brasil, pois há problemas econômicos de desigualdade que impactam mais significativamente no âmbito da construção civil. <sup>(16)</sup>

É preciso que esses projetos atendam às necessidades básicas de cada comunidade, estando adequados ao clima local e à estrutura geográfica. Desse modo, para quaisquer benefícios que esses selos ofereçam, antes de tudo é preciso resolver o problema da falta de moradia, da ocupação do solo indevida e de questões de poluição, pelos próprios habitantes. Existe um discurso institucional que é preciso rever, uma vez que o problema brasileiro está em fornecer moradias de baixo custo, que sejam ecologicamente corretas, para uma grande parcela da população.

O Brasil é atualmente o quarto país do mundo com mais prédios verdes, totalizando 601 empreendimentos que possuem a certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), que busca orientar as construções a partir dos valores ambientais em mais de 130 países. <sup>(22)</sup> Como se pode ver, o número é

extremamente restrito, considerando-se o número de edificações existentes no Brasil.

Em novembro de 2014, o grupo Via, referência em empreendimentos sustentáveis, inaugurou o primeiro edifício ecológico de Minas Gerais. Esta obra, o Edifício Aureliano Chaves, pertence à Fundação Forluminas de Seguridade Social (FORLUZ) e segue critérios ambientais e de sustentabilidade tratados pela certificação LEED. <sup>(23)</sup>

**Figura 4** – Empreendimento pertence à Fundação Forluminas de Seguridade Social (Forluz)



**Fonte:** <sup>(23)</sup>

#### **4 PROCESSOS ECOLÓGICOS E SUSTENTÁVEIS ADOTADOS PELA CONSTRUÇÃO CIVIL**

As construções sustentáveis fazem uso de materiais ecológicos e inteligentes cuja finalidade é promover a utilização consciente dos recursos finitos do meio ambiente, reduzindo a poluição gerada pela construção civil na sociedade e assegurando o conforto das edificações para seus moradores. Existem dois tipos de construções sustentáveis: construções coordenadas por profissionais da área a partir de materiais ecológicos e tecnologias sustentáveis modernas e fabricadas em escala, de acordo com as normas e padrões vigentes do mercado; e sistemas de autoconstrução, onde há diversas linhas e diretrizes a serem seguidas, coordenadas ou não por profissionais, mas que necessitam de criatividade e soluções ecológicas pontuais. <sup>(24)</sup>

Quando se utiliza os materiais e técnicas adequados, há a integração do projeto a partir do planejamento cuidadoso e detalhado, propiciando a melhoria do desempenho, reduzindo os custos de construção e de infraestrutura. Com isso, a Construção Civil pode atuar de maneira positiva na preservação ambiental, uma vez que as empresas são responsáveis pelos danos que causam para a sociedade em geral. <sup>(24)</sup>

O reaproveitamento de restos de obras; o uso de estratégias e recursos alternativos; e a adoção de planejamento ambiental é fundamental para que a Construção Civil utilize os recursos disponíveis no meio ambiente sem esgotá-los, e conseqüentemente o não exercício dessas práticas pode prejudicar gerações futuras <sup>(25)</sup>. A sustentabilidade nos projetos das edificações é alcançada a partir da otimização do consumo de materiais e energia.

A prefeitura de São José dos Campos teve a iniciativa de criar um depósito de resíduos de obras, com o propósito de fazer a reciclagem dos mesmos, evitando que esses resíduos fossem descartados no meio ambiente, como demonstrado na figura 5.

**Figura 5** – São José dos Campos - SP é referência em reutilização de resíduos sólidos da construção civil.



**Fonte:** (26)

O uso de materiais alternativos e de práticas conscientes tem sido mantidas como de extrema importância para a garantia da sustentabilidade. Isto depende das empresas produzirem e gerirem suas obras a partir de uma gestão mais eficiente que compõem etapas relacionadas ao planejamento e concepção das edificações, visando a minimização do impacto ambiental. O emprego de técnicas e materiais ecológicos contribuem com a promoção dos três pilares da sustentabilidade: o ambiental, econômico e social. (25)

Uma das inovações nos processos ecológicos e sustentáveis na Construção Civil refere-se aos Materiais de Mudança de Fase, ou termo ativos que buscam isolar e armazenar energia a partir do uso de parafinas microencapsuladas que se encontram dispersas em rebocos de revestimento, possibilitando não apenas o conforto térmico, mas a redução do consumo de energia nas edificações. A figura 6 demonstra a utilização de coberturas verdes, onde as coberturas de telhas são substituídas por vegetação como uma ação que combate a absorção dos gases poluentes que causam o efeito estufa, melhorando o conforto térmico interno da edificação e a qualidade de vida dos espaços urbanos. Isto contribui ainda com a redução das águas de chuva que poderiam alagar ruas e bueiros. (14)

**Figura 6** – Exemplo de edifício ecológico com telhado verde



**Fonte:** (27)

A eficácia dos sistemas bioclimáticos que utilizam materiais isolantes térmicos, a fim de reduzir as trocas térmicas, como o poliuretano e poliestireno expandido, reconhecidos como materiais de baixa condutibilidade térmica, assim como o aglomerado negro de cortiça expandida, um elemento natural e renovável. As construções bioclimáticas podem ser constituídas de sistemas passivos e ativos.

(5)

O quadro a seguir apresenta as principais práticas de projeto destes sistemas:

**Quadro 2** - Sistemas passivos de arrefecimento - principais práticas de projeto

<b>Ganho direto</b>	Colocação de poucas aberturas nas fachadas Oeste e Leste por ficarem sujeitas a radiação intensa durante o Verão.
	Promoção da ventilação natural, contribuindo igualmente para a melhoria da qualidade do ar interior. Esta ventilação pode ser conseguida não só através do estudo da compartimentação e da localização de aberturas em fachadas como também através da implementação de chaminés solares, aspiradores estáticos e torres de vento.
	Criação de edifícios com fatores de forma baixos - superfície exterior mínima.
	Utilização de elementos de grande inércia térmica e acabamentos de cor clara.
	Colocação de elementos de sombreamento exteriores - cerca de 70% mais eficientes do que proteções solares interiores. As palas, quando corretamente projetadas, são bastante interessantes por permitirem sombrear no Verão não impedindo a entrada de radiação solar no Inverno
	Implementação de sistemas de arrefecimento evaporativo.
<b>Ganho indireto</b>	Utilização de refrigeração por radiação noturna.
	Implementação de arrefecimento por ventilação noturna.
<b>Ganho separado</b>	Criação de sistemas termo sifão (já referido nos sistemas passivos de aquecimento por dispor das duas funções combinadas).

Fonte: <sup>(5)</sup>

Por sua vez, os sistemas ativos correspondem às formas de energia renováveis, como o sol, que pode ser usado para gerar não apenas energia térmica, mas também energia elétrica. <sup>(5)</sup>

É complexo estabelecer regras sobre os materiais que serão utilizados em construções ecológicas, pois necessita considerar as características e funcionalidades do tipo de edificação desejado. Embora muitas construções promovam os aspectos ambientais, tornando-os mais acessíveis para a sociedade, é fundamental desenvolver um plano geral, a fim de avaliar todos os elementos, condições e composições do material, garantindo seu desempenho no objetivo funcional determinado. <sup>(25)</sup>

Com o advento da tecnologia e fortalecimento da consciência da preservação do meio ambiente, as construtoras puderam aproveitar materiais reciclados como garrafas pets, pneus, isopor e outros recursos nos projetos, reduzindo a quantidade de lixo descartado no espaço urbano e economizando custos no final da obra. <sup>(25)</sup>

Com relação aos processos da construção e mão de obra utilizada em projetos sustentáveis, cita-se que a boa coordenação de todas as equipes que trabalham na obra é indispensável para a prática dos princípios ambientais, permitindo com que as atividades sejam monitoradas e se necessário reparadas para não impactar na qualidade e produtividade ecológica das edificações. O conceito de construção enxuta é bastante utilizado atualmente, para se alcançar menor desperdício, maior qualidade, produtividade e alocação de recursos de acordo com o planejado, havendo melhor resultado final. <sup>(28)</sup>

A construção enxuta é uma filosofia que busca implementar metodologias, ferramentas, processos, estratégias e ações que garantam a redução significativa dos desperdícios desde a fase de planejamento até a fase de execução, possibilitando custos financeiros e ambientais mais conscientes. <sup>(28)</sup>

Este tipo de construção deve priorizar a melhoria de desempenho fundamental para a obtenção de alta qualidade e custos reduzidos através da escolha de processos e materiais sustentáveis eficientes. As práticas que buscam reduzir os desperdícios e elevar a qualidade do serviço dos trabalhadores da obra precisam ser planejadas de modo a assegurar os benefícios ambientais e da ecoeficiência. <sup>(28)</sup>

Dessa forma, torna-se possível integrar as necessidades humanas com as dos recursos naturais, pois quando se alcança um alto nível de integração do projeto, mantendo um planejamento cuidadoso e mais eficaz, já que se consegue

minimizar o custo e melhorar o desempenho. Embora haja a concepção de que projetos ambientalmente corretos podem encarecer a obra, quando se realizado um planejamento eficaz e utilizado técnicas e materiais alternativos, podem possibilitar obras mais acessíveis. <sup>(29)</sup>

Diante disso, compreende-se que a utilização de materiais sustentáveis e ecológicos pela Construção Civil abrange a identificação dos impactos ambientais causados pelos mesmos, sendo necessário analisar seu ciclo de vida, desde a extração da matéria prima, passando pelo processo de implementação nas construções e a vida útil em suas funções. <sup>(29)</sup>

## **5 O USO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS**

### **5.1 Conceito**

Historicamente, as primeiras técnicas de fabricação de tijolos ecológicos foram implementadas no Brasil na década de 50, porém apenas nos últimos anos ganhou destaque no debate social, econômico e ambiental devido a sua importância para a sustentabilidade. <sup>(30)</sup>

O conceito de tijolo ecológico abrange a maioria dos materiais que não necessita de queima, diferentemente dos de argila e cerâmica que depois de moldados, necessitam ir ao forno até o ponto desejado, a partir do uso de madeira, poluindo significativamente o meio ambiente. <sup>(30)</sup>

A produção de tijolos varia de acordo com os objetivos de seu uso, considerando o nível de resistência, acabamento aparente, revestimento, formato, textura, componentes disponíveis, entre outros, assim como os processos a serem utilizados na fabricação dos materiais, abrangendo atividades manuais, mecânicos ou ambos. <sup>(31)</sup>

### **5.2 Tipos**

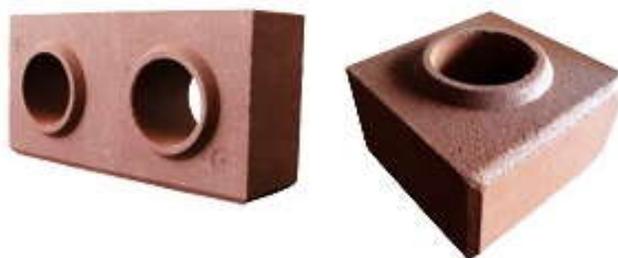
No mercado Brasileiro existem diversos tamanhos e modelos de tijolos ecológicos. Estes são escolhidos de acordo com o projeto, mão de obra, materiais e equipamento locais e outras condicionantes específicas. <sup>(31)</sup> A figura 7, 8, relaciona alguns modelos:

**Figura 7** - Tijolo de solo-cimento tipo canaleta para a execução de vergas e cintas de amarração



**Fonte:** (31)

**Figura 8** – Tijolo de solo-cimento com 2 furos e meio tijolo com 1 furo

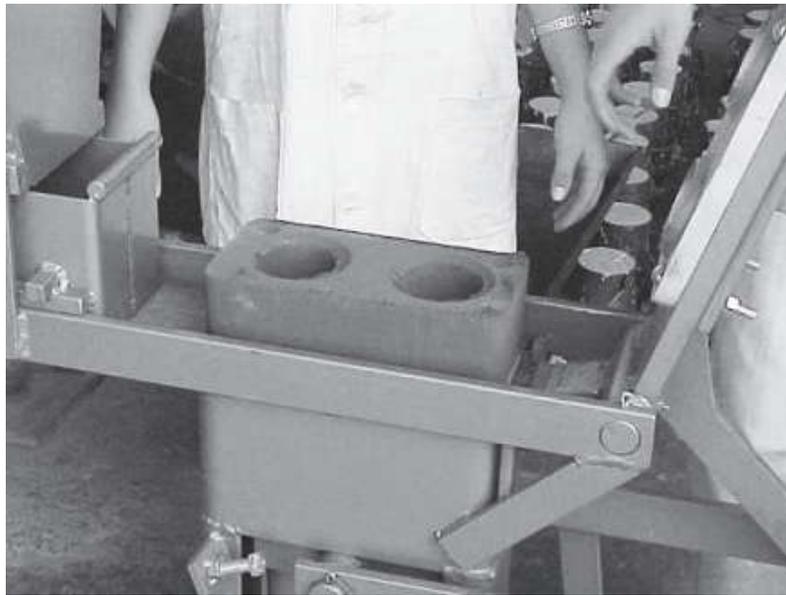


**Fonte:** (32)

A figura 9 demonstra o tijolo ecológico de solo-cimento que são fabricados a partir de uma mistura de solo (terra), cimento e água, caracterizando uma proporção de 10:1, umedecida e prensada muitas vezes manualmente garantindo a excelente qualidade e um preço mais acessível do que o tijolo convencional. Para este tipo de tijolo, é utilizada terra de solos constituídos por areia, argila e silte. (30)

No entanto, há a possibilidade de se utilizar outras matérias primas e substâncias para incorporar a mistura do tijolo ecológico, como o lodo oriundo das Estações de Tratamento de Esgoto, entulho processado, borracha de pneus usados, e outros resíduos que em sua maioria são descartados no meio ambiente. É preciso enfatizar que cada material utilizado depende da disponibilidade da região que serão utilizados os tijolos ecológicos, a fim de respeitar as características das comunidades e equilíbrio ambiental. (30)

**Figura 9** – Tijolo ecológico constituído pela mistura padrão de solo-cimento com proporção de 10:1 (Dimensões 6,25 x 12,5 x 25 cm)



**Fonte:** (30)

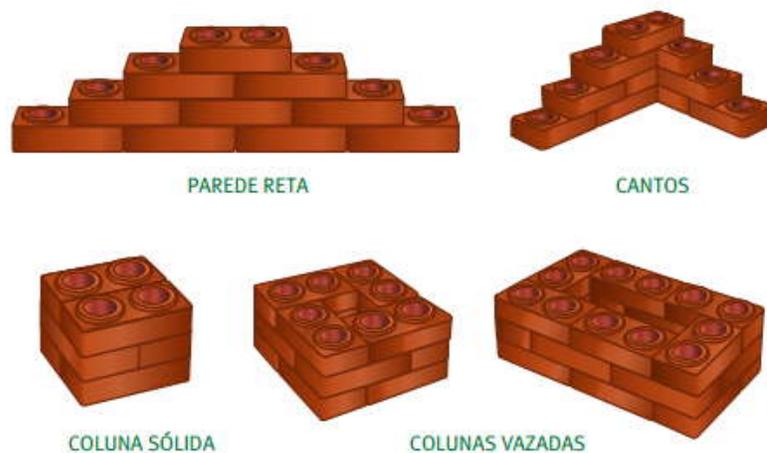
A partir desta proporção, também podem ser construídos tijolos modulares com estruturas e texturas regulares, assim como nos tijolos convencionais, que oferece não apenas um acabamento bem definido, sendo normalmente borrifada água durante o processo de cura, para aumentar ainda mais sua durabilidade quando exposto à umidade. Cabe citar que a cura umidificada garante com que os processos químicos entre as misturas ocorram adequadamente, assegurando a integralidade do bloco. (32)

**Figura 10** – Fabricação de tijolo ecológico modular



Fonte: (32)

**Figura 11** – Tijolo ecológico modular



Fonte: (32)

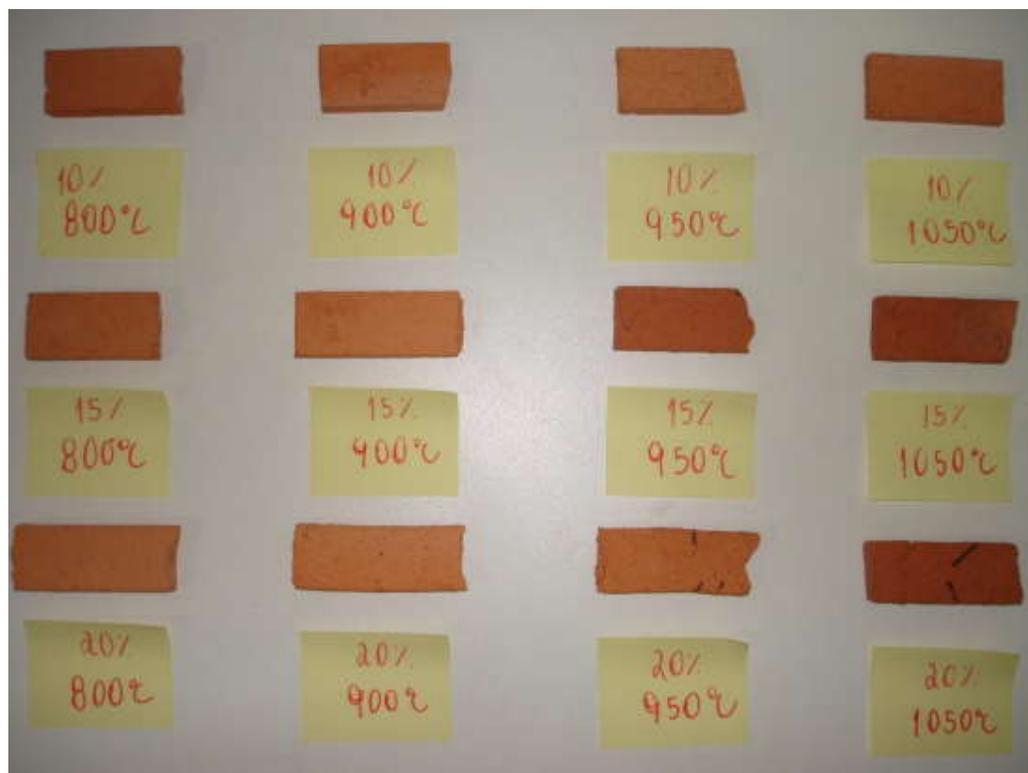
As diferentes características apresentadas pelas argilas utilizadas como matéria-prima para os tijolos de cerâmica vermelha convencionais estão relacionadas ao seu local de extração, havendo necessidade de compor a massa do tijolo por diferentes tipos de argila ou até mesmo adicionar aditivos específicos. Considerando a granulometria e a plasticidade dos lodos oriundos de tratamento de efluentes industriais e sanitários, sua incorporação em pequenas proporções à massa cerâmica vermelha é bastante aceita. <sup>(4)</sup>

Proporções entre 5% a 25% de lodo de efluentes industriais diversos, de tratamento de água e esgoto e até de pó de fumo, apresentaram resultados técnicos promissores e, portanto, possibilidades de viabilidade. <sup>(33); (34); (35)</sup>

Quanto maior for a concentração de lodo, menor será a massa específica média, relatando que as partículas do material que possuem concentração de lodo reduzida permanecem mais compactadas em decorrência da menor decomposição da matéria orgânica durante o processo de queima. No entanto, quanto maior for a temperatura de queima, maiores são as massas específicas. <sup>(4)</sup>

A Figura 12 apresenta o comportamento de perda ao fogo médio dos corpos de prova em relação à temperatura de queima. Os corpos de prova queimados a temperaturas de 800 a 900°C não alcança os valores mínimos recomendados, assim como a composição dos corpos de prova, onde foi adicionado 20% de lodo <sup>(4)</sup>. Portanto, a viabilidade da fabricação de tijolos ecológicos com adição de lodo é recomendável apenas com adições de 10 a 15%, conforme demonstrado na figura a seguir:

**Figura 12** – Resultado da cor de queima dos corpos de prova para tijolos constituídos de lodo



**Fonte:** (4)

A possibilidade de fabricação de outro tipo de tijolo ecológico, construído a partir de entulhos de obras oriundos da construção e demolição. O processo de fabricação é feito inicialmente através da reciclagem dos resíduos sendo separados o concreto, as pedras e os próprios tijolos. Durante a secagem, não se utiliza combustão, evitando a emissão de CO na atmosfera, ocorrendo naturalmente, e podendo receber reboco, tintas e vernizes, além de conter furos para facilitar a passagem de tubulação elétrica e hidráulica. <sup>(37)</sup>

**Figura 13** – Tijolo ecológico de entulho



**Fonte:** <sup>(37)</sup>

O tijolo construído com garrafa pet também pode ser considerado uma alternativa ecológica, que contribui com o meio ambiente. <sup>(38)</sup> Este material é construído a partir de uma forma de madeira com dimensões de 14,00cm x 14,00cm x 39,00cm ou 35,00cm, que servirá para receber uma mistura de cimento e areia de quartzo, na proporção de 1:4. Após a homogeneização dos componentes, é acrescentada água até que a mistura chegue a textura de farofa, nem seca e nem molhada em excesso. <sup>(38)</sup>

Posteriormente, coloca-se um pouco dessa massa no fundo da forma, onde a mesma será compactada. Com isso, a garrafa pet é colocada no centro do molde que receberá mais quantidade de argamassa preenchendo os vazios até fechar totalmente o bloco. A garrafa pet ficará no interior do tijolo e poderá ser desenhado de 12 a 24 horas. Seus principais benefícios é redução de lixo no meio ambiente além de proporcionar o isolamento termo acústico. <sup>(38)</sup>

**Figura 14** – Tijolo ecológico com garrafa pet



**Fonte:** (38)

Existem empresas de construção civil que buscam desenvolver estudos de viabilidade e possibilidade de emprego na fabricação dos tijolos ecológicos, constituindo uma vertente voltada para o uso de materiais alternativos nesta área.

(38)

## **6 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS COMPARADAS COM OS TIJOLOS CONVENCIONAIS PELA CONSTRUÇÃO CIVIL**

A habitação com qualidade envolve a consideração e o comprometimento com os ecossistemas, promovendo a preservação do meio ambiente, a fim de possibilitar o alcance da sustentabilidade na construção civil. Neste sentido, a adoção de tijolos ecológicos é mantida como uma ação altamente viável para reduzir o impacto ambiental, uma vez que na produção de tijolos convencionais, especificamente no processo de queima, para cada milheiro são necessárias cerca de cinco árvores para finalizar o processo. <sup>(39)</sup>

Diante do advento tecnológico, o uso de tijolos ecológicos produzidos com terra ou outros resíduos se tornou cada vez mais favorável para minimizar não apenas a degradação ambiental, mas também reduzir custos e melhorar o aproveitamento da obra. Cabe enfatizar que as casas podem ser construídas a partir da utilização isolada ou combinada de materiais e técnicas sustentáveis incluindo convencionais como: adobe, terra crua, solo-cimento, argamassa armada, paredes monolíticas, elementos pré-fabricados, bambu, compósitos biomassa vegetal cimento, entre outros. <sup>(40)</sup>

O tijolo ecológico pode ser mais resistente, seguro e prático do que o tijolo convencional. Isto decorre de vários fatores, especialmente pelo fato de que as matérias primas utilizadas para a construção do mesmo são mais leves e são tratados com água, aumentando a resistência perante à umidade. É preciso citar que os tijolos convencionais se tornam enfraquecidos quando não são devidamente protegidos da umidade. <sup>(32)</sup>

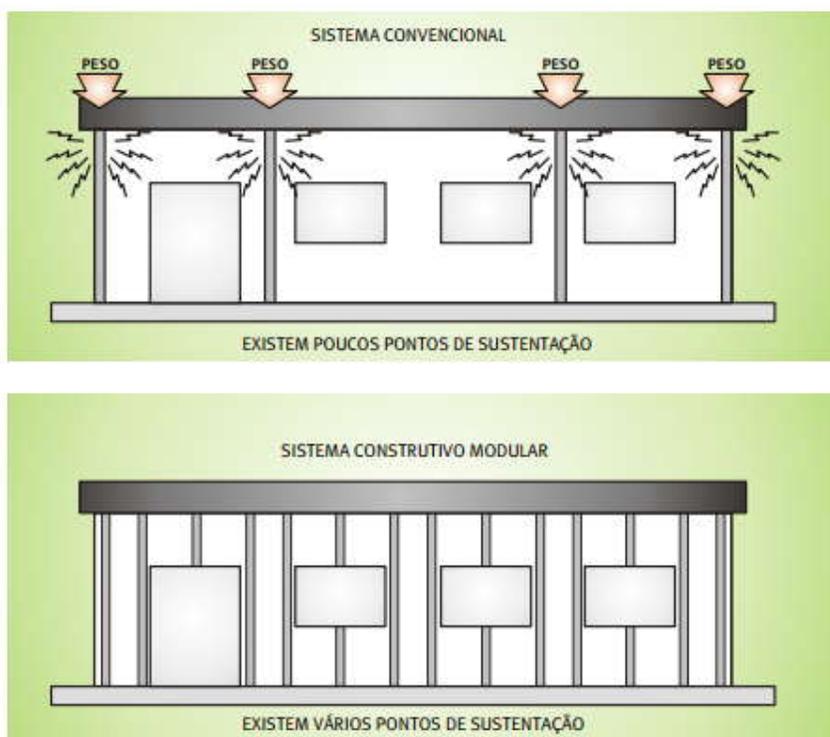
Os tijolos ecológicos modulares apresentam inúmeras vantagens quando comparados com os tijolos convencionais, como utilização de material natural de alta disponibilidade; baixo custo; facilidade de construção; e redução do tempo de obra, chegando até 30%. <sup>(40)</sup>

Assim como alguns tijolos convencionais, os tijolos ecológicos normalmente apresentam furos que possibilitam um encaixe adequado, o que propicia um melhor assentamento, e conseqüentemente diminui o tempo de execução bem como a

quantidade de argamassa ou cola empregadas. Dessa forma, há ainda a redução do peso das alvenarias e conseqüentemente do dimensionamento das fundações e de outras estruturas. <sup>(31)</sup>

Durante o processo de embutimento das colunas de sustentação, há a economia de mão de obra, como por exemplo a carpintaria, não sendo necessário o uso de madeira. Os furos nos tijolos ecológicos permitem a execução do grauteamento, facilitando aplicação da ferragem e concreto, economizando materiais e reduzindo o tempo de obra. Além de proporcionar melhor distribuição do peso das colunas ao longo da construção, evitando a concentração em pontos específicos da estrutura, conforme visualizado na figura abaixo:

**Figura 15** – Sistema de sustentação convencional x modular



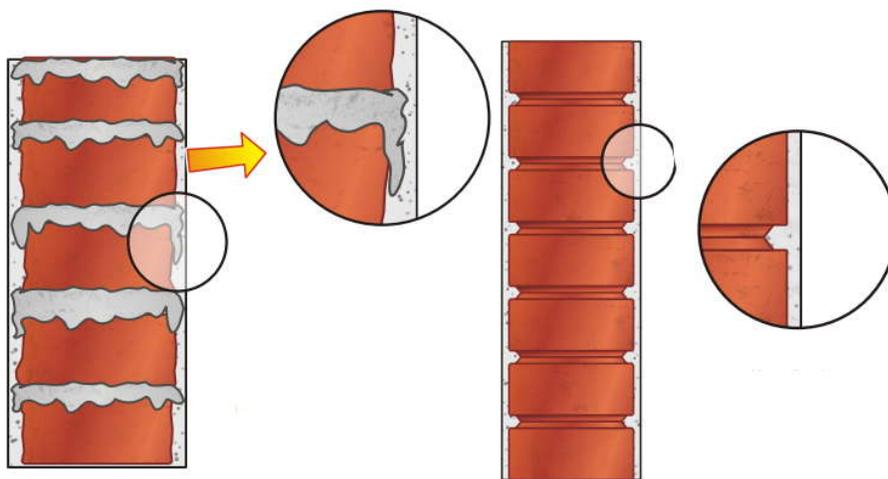
**Fonte:** (32)

Estes furos aumentam o isolamento termo acústico, já que os mesmos são constituídos por câmaras de ar no âmago das estruturas. Os furos servem ainda

para receber a rede hidráulica e elétrica, evitando a quebra de paredes normalmente necessária na construção com tijolos convencionais. <sup>(33)</sup>

Com relação ao revestimento, o tijolo ecológico pode ser exposto, tendo suas superfícies cobertas apenas por uma camada fina de resina acrílica, garantindo um visual moderno e melhor acabado. <sup>(40)</sup> As figuras a seguir demonstram o revestimento de paredes construídas com tijolos convencionais e ecológicos:

**Figura 16** – Revestimento em paredes com tijolos convencionais e ecológicos



**Fonte:** <sup>(32)</sup>

Para assentar os tijolos, utiliza-se uma argamassa própria, cola branca Pva ou uma mistura de cimento e outros materiais, de baixo custo, porém muito seguro, simples e prático, agilizando ainda mais o processo de construção e deixando o canteiro de obras mais limpo e organizado. <sup>(40)</sup>

Com relação às desvantagens, o principal obstáculo que envolve o uso de tijolos ecológicos pela Construção Civil é a necessidade de mão de obra qualificada que atualmente ainda é escassa. A baixa popularidade do material e a falta de conhecimento sobre o processo de construção ecológico e as suas diferenças com o processo convencional geram dúvidas e prejudicam a demanda por profissionais. <sup>(40)</sup>

A dificuldade de se encontrar mão de obra qualificada prove do fato de que para construir com tijolos ecológicos é preciso que os profissionais, além de

manterem o conhecimento sobre alvenaria estrutural exigido em todas as construções, precisa compreender sobre os aspectos e exigências técnicas no uso e manuseio do tijolo ecológico escolhido, além do aspecto visual, já que não será usado o reboco para esconder eventuais falhas. <sup>(40)</sup>

Cabe citar ainda que há carência na padronização e uniformidade entre os tijolos ecológicos disponibilizados no mercado, uma vez que cada fabricante possui medidas próprias que variam de acordo com as ferramentas e equipamentos adotados na fabricação. <sup>(40)</sup>

Os tijolos ecológicos, embora exijam menos recursos para o acabamento, necessitam de maiores gastos com impermeabilização. Em casos de reforma ou modificação da alvenaria, há restrições, como na alvenaria estrutural, em remover estruturas ou fazer grandes vãos, deixando imperfeições mais aparentes. <sup>(40)</sup>

Outro cuidado que se não considerado pode se tornar uma desvantagem refere-se à possibilidade dos furos dos tijolos servirem como abrigo de insetos e outros animais, caso não sejam bem protegidos. <sup>(40)</sup>

O estudo de caso demonstrou os benefícios econômicos na construção de uma casa de 80m<sup>2</sup> com tijolos ecológicos comparados com tijolos convencionais. O estudo foi feito a partir de um orçamento em três empresas, obtendo assim a média dos valores em cada item. A tabela abaixo demonstra a relação dos materiais e seus custos necessários para a construção da casa convencional.

**Tabela 1** - Relação dos materiais utilizados na construção da casa convencional

MATERIAL	QUANTIDADE	CUSTO
Reboco paredes	290m <sup>2</sup>	1.885,00
Concreto para chão/vigas e colunas	9 m <sup>3</sup>	10.800,00
Cimento para assentamento e reboco	20 sacas	1.240,00
Ferro 3/8	54 barras com 12 m	1.485,00
Tijolos	5500 unidades	1.540,00
Estribos	12 barras	54,00
Tábuas para armadura vigas e colunas	25 m <sup>2</sup>	875,00
Mão de Obra	145 m <sup>2</sup>	3.625,00
TOTAL		21.504,00

Fonte: (41)

Por sua vez, a tabela abaixo, demonstra os materiais, juntamente com os respectivos custos, necessários para a construção de uma casa ecológica.

**Tabela 2** - Relação dos materiais utilizados na construção da casa ecológica

MATERIAL	QUANTIDADE	CUSTO
Tijolos ecológicos	9000	4.860,00
Barra Ferro 3/8	18 barras com 12 m	495,00
Barra ferro 4.2	27 barras com 12 m	121,50
Cimento	9 sacas	558,00
Concreto para chão/ vigas e colunas	8m <sup>3</sup>	9.600,00
areia	1,5m <sup>3</sup>	106,50
Pedrisco	0,75 m <sup>3</sup>	47,00
Cola branca	36 lt	540,00
Mão de obra	145 m <sup>2</sup>	2.175,00
TOTAL		18.503,00

Fonte: (41)

A partir do comparativo acima, verifica-se que devido ao fato do tijolo ecológico possuir um tamanho diferente do convencional, a quantidade é variável, necessitando de maior quantidade. No entanto, uma vez que o uso de tijolos ecológicos não exige processos de revestimento, reduzindo o custo total da obra. <sup>(41)</sup>

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

1 - Há necessidade de se aplicar práticas conscientes, utilizando métodos construtivos sustentáveis e ecológicos, exercendo suas técnicas para desenvolver ambientes saudáveis, mantendo o conforto e gerando maior economia, havendo assim um menor impacto ambiental.

2 - Os tijolos ecológicos podem ser constituídos basicamente de uma mistura simples de solo-cimento, ou até mesmo resíduos de materiais de construção, lodo oriundo das Estações de Tratamento de Esgoto, borracha de pneus usados, e outros resíduos que seriam descartados no meio ambiente.

3 - A construção com tijolos ecológicos pode apresentar vantagens ambientais, estruturais e de conforto.

4 - O uso de tijolos ecológicos, tem grande influência na diminuição do impacto ambiental, pois utiliza também em sua produção, materiais que seriam descartados, os quais contribuiriam com a poluição do meio onde vivemos. Outro fator, é não haver a necessidade de queima, além de ter ótima qualidade.

5 - A falta de conhecimento desses métodos construtivos, faz com que esses métodos não sejam tão reconhecidos, tornando-os pouco utilizados.

6 - As desvantagens na construção de tijolos ecológicos envolvem carência em profissionais qualificados que reconheçam as especificidades do produto, de conhecimento sobre os métodos, padrões uniformes, e gastos maiores com impermeabilização quando aparentes.

7 - Recomenda-se o desenvolvimento de novos estudos sobre a temática proposta, visando a atualização dos assuntos debatidos até o momento, uma vez que os

mesmos permanecem em constante evolução no âmbito científico, devendo ser investigados diante das novas descobertas frequentes.

## REFERÊNCIAS

1 ZANGALLI JR, P. C. Sustentabilidade urbana e as certificações ambientais na construção civil. **Soc. & Nat., Uberlândia**, 25 (2): 291-302, mai/ago/2013.

2 PEREIRA, Deborah Marques. et al. **Zoneamento urbano e desenvolvimento: considerações sobre a cidade de Montes Claros/MG.** Congresso Internacional Interdisciplinar em Sociais e Humanidades. Niterói RJ: ANINTER-SH/ PPGSD-UFF, 03 a 06 de Setembro de 2012. Disponível em: <<http://www.aninter.com.br/ANAIS%20%20CONITER/GT10%20Estudos%20do%20desenvolvimento/ZONEAMENTO%20URBANO%20E%20DESENVOLVIMENTO%20-%20Trabalho%20completo.pdf>> Acesso em: 01 de mar. 2016

3 GRÜNBERG, P. R. M.; MEDEIROS, M. H. F.; TAVARES, S. F. Certificação ambiental de habitações: comparação entre LEED for homes, processo AQUA e selo Casa Azul. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, n. 2, p. 195-214, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v17n2/a13v17n2.pdf>> Acesso em: 01 de mar. 2016

4 SILVA, D. F. **Estudo da adição do lodo gerado pela indústria metal mecânica na fabricação de tijolos cerâmica vermelha** (2010) Disponível em: <<http://revista.ctai.senai.br/index.php/edicao01/article/viewFile/220/219>> Acesso em: 18 de mar. 2016

5 ROCHETA, Vera; FARINHA, Fátima. **Práticas de projecto e construtivas para a construção sustentável.** Actas do Congresso da Construção, 2007.

6 PAVEZZI NETTO, M; SILVA, R. S. **Ecosystemas urbanos: potencialidades da ecologia urbana no desenvolvimento de cidades sustentáveis.** IX Encontro Nacional da Ecoeco Outubro de 2011, Brasília - DF – Brasil

7 JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil**: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. Tese (Livre-docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

8 REDAÇÃO PORTAL A8. **Arquitetura Sustentável, necessidade ou modismo?** (2013) Disponível em: <<http://a8se.com/casa-e-decoracao/noticia/2013/08/30862-arquitetura-sustentavel-necessidade-ou-modismo.html>> Acesso em: 18 de mar. 2016.

9 ADAM, R.S. **Princípios do Ecoedifício**. São Paulo: Aquariana, 2001.

10 SALGADO, M. S; CHATELET, A; FERNANDEZ, P. Produção de edificações sustentáveis: desafios e alternativas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 4, p. 81-99, out./dez. 2012.

11 BICKEL, C. G. A produção associada autogestionária na construção civil como estratégia para a integração do sistema da economia social na autogestão territorial. **R. B. Estudos Urbanos e Regionais** 2013; 15(2): 25-42.

12 RATTNER, H. Prefácio. In: ACSELRAD, H. **A duração das cidades**: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas. 2ª ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2009.

13 YUNES, M. A. M; JULIANO, M. C. A Bioecologia do Desenvolvimento Humano e suas Interfaces com Educação Ambiental. **Cadernos de Educação**, V. 37: PP. 347 - 379, setembro/dezembro, 2010.

14 OCTAVIANO, C. Sustentabilidade na construção civil: benefícios ambientais e econômicos. **ComCiência**, n. 122, p. 1-3, Campinas, 2010.

15 JACOBI, P. R. Educação ambiental: o desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo. **Educ. Pesqui.** 2005, vol.31, n.2, pp. 233-250.

16 MMA. **Construção Sustentável** (2015) Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel>> Acesso em: 01 de mar. 2016

17 MENDES, J. M. G. **Dimensões da sustentabilidade** (2009) Disponível em: <<http://www.santacruz.br/v4/download/revista-academica/13/cap5.pdf>> Acesso em: 01 de mar. 2016

18 AMBIENTE BRASIL. Dicionário Ambiental. Edifícios Ecológicos. Ambiente Brasil, 2015. Disponível em: <[http://ambientes.ambientebrasil.com.br/arquitetura/construcoes\\_verdes/edificios\\_ecologicos.html](http://ambientes.ambientebrasil.com.br/arquitetura/construcoes_verdes/edificios_ecologicos.html)>. Acesso em: 01 de mar. 2016

19 PORTAL DA COPA. **Galeria de Imagens** (2014) Disponível em: <<http://www.copa2014.gov.br/pt-br/galeria/brasiliaturismooutubro2013>> Acesso em: 18 de mar. 2016.

20 MOURA, A; SÁ, M. V. V. A. Influência da racionalização e industrialização na construção sustentável. **Revista Tecnologia & Informação** 2014; 1(1): 64-77.

21 **GAZETA DO POVO**. Decoração e beleza naturais (2010) Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/haus/paisagismo-jardinagem/decoracao-e-beleza-naturais/>> Acesso em: 18 de mar. 2016

22 HAYDEE, L. **Conheça 10 edifícios sustentáveis do Brasil** (2013) Disponível em: <<http://info.abril.com.br/noticias/tecnologias-verdes/conheca-10-edificios-sustentaveis-do-brasil.shtml>> Acesso em: 01 de mar. 2016

23 VIA EMPREENDIMENTOS. **Grupo Via celebra a entrega do primeiro edifício verde em Minas Gerais** (2014) Disponível em: <<http://www.viaempreendimentos.com.br/grupo-via-celebra-entrega-primeiro-edificio-verde-em-minas-gerais/>> Acesso em: 01 de mar. 2016

- 24 SIMAS, L. S. L. **Construção sustentável** – uma nova modalidade para administrar os recursos naturais para a construção de uma casa ecológica (2012) Disponível em: <[http://www.cairu.br/revista/arquivos/artigos/2012\\_2/11\\_Construcoes\\_Sustentaveis\\_Leonardo\\_Simas\\_140\\_162.pdf](http://www.cairu.br/revista/arquivos/artigos/2012_2/11_Construcoes_Sustentaveis_Leonardo_Simas_140_162.pdf)> Acesso em: 01 de mar. 2016
- 25 MANHÃES, G. S; ARAÚJO, R. S. Sustentabilidade nas construções. **Persp. Online**, v. 11. n. 4, pp. 15-24, 2014.
- 26 MOREIRA, R. **São José dos Campos é referência em reutilização de resíduos sólidos da Construção Civil** (2014) Disponível em: <<http://jornaljoseenseneews.com.br/porta1/2014/12/08/sao-jose-dos-campos-e-referencia-em-reutilizacao-de-residuos-solidos-da-construcao-civil/>> Acesso em: 18 de mar. 2016.
- 27 ODORCYK, P. **Telhado Verde – perguntas e respostas** (2013) Disponível em: <<http://paulaodorcyk.com.br/novo-site/?p=2623>> Acesso em: 18 de mar. 2016.
- 28 PINHEIRO, Gustavo F. **O gerenciamento da construção civil e o desenvolvimento sustentável: Um enfoque sobre os profissionais da área de edificações.** Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/241/1/PB\\_COECI\\_2011\\_2\\_07.pdfRe.](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/241/1/PB_COECI_2011_2_07.pdfRe.)> Acesso em: 01 de mar. 2016
- 29 HAWKEN, Paul; LOVINS, Amory; LOVINS, L Hunter. **Capitalismo natural: criando a próxima revolução industrial.** São Paulo: Cultrix, 1999.
- 30 GALLO NETO, C. Construindo com tijolos ecológicos. **Jornal da UNICAMP**, Campinas, 7 a 13 de setembro de 2009. Disponível em: <[http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp\\_hoje/ju/setembro2009/ju440pdf/Pag09.pdf](http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/setembro2009/ju440pdf/Pag09.pdf)> Acesso em: 18 de mar. 2016

31 PISANI, M. A. J. **Um material de construção de baixo impacto ambiental: o tijolo de solo-cimento. A e ensaios.** Disponível em: <[http://www.aedificandi.com.br/aedificandi/N%C3%BAmero%201/1\\_artigo\\_tijolos\\_sol\\_o\\_cimento.pdf](http://www.aedificandi.com.br/aedificandi/N%C3%BAmero%201/1_artigo_tijolos_sol_o_cimento.pdf)>. Acesso em: 18 de mar. 2016

32 ECOPRODUÇÃO. **Tijolo Ecológico Modular** (2016) Disponível em: <<http://www.ecoproducao.com.br/downloads/cartilha-eco-producao.pdf>> Acesso em: 15 de mar. 2016

33 SILVA, V. F; BRITO, K. S. A; NASCIMENTO, E. C; FARIAS, S. A. R. Produção de tijolo ecológico para construção de residência no semiárido. **Revista Educação Agrícola Superior** - Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior - ABEAS - v.29, n.1, p.41-44, 2014. Disponível em: <[http://www.abeas.com.br/revista/2014.1\\_revista/v29n01a11.pdf](http://www.abeas.com.br/revista/2014.1_revista/v29n01a11.pdf)> Acesso em: 19 de mar 2016

34 LOPES, D. C. **Estudo da viabilidade de adição de resíduo de pó de fumo à massa cerâmica.** Santa Maria, RS, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Maria, 2005.

35 AMORIM, F. R. **Co-processamento de dregs em argila para produção decerâmica vermelha.** Belo Horizonte, MG, Dissertação (Mestrado em Saneamento), Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

36 ARAÚJO, F. S. D. **Influência do lodo de ETE na massa para fabricação de cerâmica vermelha.** Natal, RN, Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2008.

37 LEANDRO, S. **Tijolo de Entulho: a reciclagem do entulho é uma alternativa para redução de problemas** (2011) Disponível em: <<http://www.revistahabitar.com.br/ecologia/tijolo-de-entulho-a-reciclagem-do-entulho-e-uma/34>> Acesso em: 18 de mar. 2016

38 CRUZ, M. **Tijolos ecológicos feitos de garrafas PET** (2007) Disponível em: <[http://www.educacaopublica.rj.gov.br/biblioteca/meioambiente/0020\\_02.html](http://www.educacaopublica.rj.gov.br/biblioteca/meioambiente/0020_02.html)>

Acesso em: 19 de mar. 2016

39 FLORIM L. C; QUELHAS O. L. G. Contribuição para a Construção Sustentável: Características de um projeto habitacional eco-eficiente. **Revista Produção**, v. 5, n. 2, jun 2005.

40 TIJOLOSOLOCIMENTO. **Construindo e ampliando com tijolo solo-cimento ecológico** (2014) Disponível em: <<http://www.tijolosolocimento.com.br/2014/11/as-desvantagens.html>> Acesso em: 19 de mar. 2016

41 AMADORI, U. P. **Comparação entre o custo de construção de uma casa convencional e uma casa ecológica utilizando o método da modelagem matemática** (2008) Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1603-8.pdf>> Acesso em: 29 de abr. 2016