

## **Sustentabilidade: conceitos e aplicação na Arquitetura**

*Sustainability: concepts and application in architecture*

*Sustentabilidad: conceptos y aplicación en arquitectura*

**Flávia Costa Grzegorzewski**

Mestra, UFF, Brasil  
flaviagrze@gmail.com

**Luciana Nemer**

Professora Doutora, UFF, Brasil  
luciananemerdiniz@gmail.com

**Felipe Gustavo Silva**

Mestrando, UFF, Brasil  
felipegustavo@id.uff.br

**RESUMO**

O trabalho apresenta uma análise da aplicação dos conceitos de sustentabilidade junto à produção de arquitetura de discentes da Escola de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal Fluminense. A pesquisa investiga os desdobramentos do conceito elencando oito princípios e os demonstrando em exemplos práticos de projetos. O texto, também, aborda como se formaram as bases e os parâmetros através de dimensões e indicadores; não obstante, descreve a trajetória da sustentabilidade nas cidades, na construção e na arquitetura, complementada pelas Agendas Mundiais. Por outro lado, a construção civil, sendo um dos maiores consumidores de energia em todo mundo, necessita de instrumentos para otimização sustentável e as certificações de eficiência energética se mostram como um meio palpável na busca pela redução do impacto do setor de arquitetura, sejam as internacionais como o *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM) e o *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), como também as nacionais, como o Selo Procel Edifica. Na metodologia se destacam as consultas em fontes secundárias: livros, artigos e trabalhos de conclusão de curso (TCC), destes últimos foi extraída uma amostra de oito TCCs que representam 10% do total de orientações realizadas ao longo dos mais recentes 20 anos, que apresentam, de forma mais enfática, os princípios da sustentabilidade, servindo como referências. Os resultados descrevem a evolução do conceito através das propostas e o quanto a inserção do tema no Curso de Arquitetura e Urbanismo desencadeia reflexões, conscientiza os (as) estudantes e melhora a qualidade dos projetos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Arquitetura. Trabalhos de Conclusão de Curso. Sustentabilidade.

**ABSTRACT**

*The paper presents an analysis of the application of sustainability concepts to the architectural production of students at the School of Architecture and Urbanism at the Fluminense Federal University. The research investigates the ramifications of the concept, listing eight principles and demonstrating them in practical examples of projects. The text also addresses how the bases and parameters were formed through dimensions and indicators; nevertheless, it describes the trajectory of sustainability in cities, construction and architecture, complemented by the World Agendas. On the other hand, civil construction, being one of the largest consumers of energy worldwide, needs instruments for sustainable optimization and energy efficiency certifications are shown to be a tangible means in the search for reducing the impact of the architecture sector, whether international ones, such as the Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM) and Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), as well as national ones, such as the Selo Procel Edifica. In the methodology, queries in secondary sources stand out: books, articles and course conclusion work (TCC), from the latter a sample of eight TCCs was extracted, representing 10% of the total orientations carried out over the most recent 20 years, which present, in a more emphatic way, the principles of sustainability, serving as references. The results describe the evolution of the concept through the proposals and how the insertion of the theme in the Architecture and Urbanism Course triggers reflections, raises students' awareness and improves the quality of the projects.*

**KEYWORDS:** Architecture. Course Completion Work. Sustainability.

**ABSTRACTO**

*El artículo presenta un análisis de la aplicación de los conceptos de sustentabilidad a la producción arquitectónica de los estudiantes de la Escola de Arquitetura e Urbanismo de la Universidade Federal Fluminense. La investigación investiga las ramificaciones del concepto, enumera ocho principios y los demuestra en ejemplos prácticos de proyectos. El texto también aborda cómo se formaron las bases y parámetros a través de indicadores; no obstante, describe la trayectoria de la sustentabilidad en las ciudades, la construcción y la arquitectura, complementada con las Agendas Mundiales. Por otra parte, la construcción civil, uno de los mayores consumidores de energía a nivel mundial, necesita instrumentos de optimización sostenibles y las certificaciones de eficiencia energética como un medio en la búsqueda de la reducción del impacto del sector de la arquitectura, ya sea internacional, como el Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM) y Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), así como nacionales, como el Selo Procel Edifica. En la metodología se destacan las consultas en fuentes secundarias: libros, artículos y trabajos de conclusión de curso (TCC), de estos últimos se extrajo una muestra de ocho TCC, que representan el 10% del total de orientaciones realizadas en los últimos 20 años, las cuales presentan, los principios de la sustentabilidad, sirviendo de referentes. Los resultados describen la evolución del concepto a través de las propuestas y cómo la inserción del tema en el Curso de Arquitectura y Urbanismo suscita reflexiones, sensibiliza los alumnos y mejora la calidad de los proyectos.*

**PALABRAS CLAVE:** Arquitectura. Trabajos de finalización de curso. Sustentabilidad.

## 1 INTRODUÇÃO

A revolução industrial considerava a quantidade de fumaça emitida pelas indústrias um sinal de progresso e o crescimento econômico era perseguido a qualquer custo, sem levar em conta questões ambientais e sociais. Esta visão, no entanto, foi se modificando devido à degradação ambiental, até que, em 1972, foi divulgado o relatório do Clube de Roma ou Relatório *Meadows*, que tratava de problemas cruciais para o futuro desenvolvimento da humanidade quanto à energia, poluição, saneamento, saúde, ambiente, tecnologia e crescimento populacional. Em 1987 foi publicado o conceito de desenvolvimento sustentável, através do Relatório *Brundtland*, intitulado Nosso Futuro Comum, que definiu como “[...] o desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que encontra as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades.” (UNITED NATIONS, 1987, p.24, tradução dos autores).

No entanto, para Acselrad (2009), a falta de precisão do conceito de sustentabilidade abre a possibilidade do uso indiscriminado da palavra, gerando desconfiança e utilizada conforme o grupo de interesse. A confusão dá-se ao tentar responder: É possível determinar um equilíbrio entre estas dimensões da sustentabilidade (ambiental, econômica e social) no planejamento das cidades? E a arquitetura está sendo desenvolvida de forma sustentável?

Apesar da falta de objetividade do conceito que possibilita que a palavra sustentabilidade seja empregada sem a garantia do desempenho futuro, a palavra sustentabilidade sempre está remetida de forma positiva, principalmente em nome da preservação dos recursos naturais. No entanto, é necessário que os ganhos sejam claramente divulgados e facilmente reconhecidos para que o compromisso de atender as necessidades da sociedade e preservação dos recursos naturais continue sendo perseguido e valorizado, resultando em uma mudança cultural, sem as mazelas da desigualdade social, resultante do modelo econômico em que vivemos.

Nos últimos anos, tem sido notável o expressivo interesse pelas questões da sustentabilidade nos trabalhos de conclusão de curso em arquitetura e urbanismo. Esse interesse reflete a crescente preocupação com a preservação do meio ambiente. Mostra que apesar do entendimento difuso sobre os significados da sustentabilidade, existe uma conscientização dos estudantes com um futuro mais sustentável e habitável para todos.

## 2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste artigo é refletir o impacto do conceito de sustentabilidade, destacando oito princípios e demonstrando sua aplicação na produção de trabalhos de conclusão de curso (TCC) por um recorte de estudantes da Escola de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal Fluminense (UFF). Os objetivos específicos são: abordar a formação das bases para sustentabilidade; explorar a trajetória da sustentabilidade na arquitetura e as Agendas Mundiais e expor os TCCs de arquitetura através oito princípios da sustentabilidade.

## 3 METODOLOGIA

A metodologia inclui a consulta a fontes secundárias, como livros, artigos e TCCs, com uma amostra representativa de oito TCCs que enfatizam os princípios da sustentabilidade. Os

oito TCCs representam 10% do total de orientações realizadas ao longo dos mais recentes 20 anos, de uma das autoras deste artigo.

#### **4 BASES PARA SUSTENTABILIDADE: EVOLUÇÃO E COMPLEXIDADE DO CONCEITO**

A Revolução Industrial impulsionou a exploração em larga escala dos recursos naturais devido ao avanço tecnológico e à otimização da linha de produção. Isso resultou em melhorias econômicas, mas também causou problemas ambientais e desigualdade social. A conscientização sobre os danos ambientais começou nas décadas de 1960 e 1970. Em 1972, a primeira conferência da ONU sobre meio ambiente chamou a atenção para questões ambientais e poluição. Em 1987, o relatório "Nosso Futuro Comum" reforçou a importância do desenvolvimento sustentável e da preservação ambiental. A conferência Eco-92, realizada em 1992 no Rio de Janeiro, consolidou o conceito de desenvolvimento sustentável e resultou na Agenda 21, um plano para a construção de sociedades sustentáveis. Em 2015, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) foram estabelecidos como parte da Agenda 2030.

A sustentabilidade é uma noção complexa e o termo é frequentemente usado de forma indiscriminada. O princípio de evolução é destacado pelo Acsehrad (2009), que define sustentabilidade não sendo um "conceito" e sim uma "noção". O conceito é uma categoria científica e a noção é recheada de ambiguidades e múltiplos conteúdos. A fragilidade do termo é notada, atualmente, quando se vê o emprego da palavra sustentabilidade sendo usado de forma indiscriminada. Outra questão vem do uso do conceito de preservação ambiental como desculpa para a segregação social, removendo comunidades de áreas de preservação e realocando-as para regiões distantes favorecendo à especulação imobiliária.

Apesar do crescimento limitado das fontes sustentáveis energéticas, como eólica, solar e geotérmica, o consumo global de energia está aumentando. O setor de grandes projetos relacionados à sustentabilidade apresenta oportunidades, desde que haja um planejamento cuidadoso e políticas de transição justa. No entanto, esse setor muitas vezes é subvalorizado ou subutilizado devido à influência das grandes empresas poluidoras, que usam o discurso ecológico ou o marketing verde para aumentar sua produção sem contribuir para a preservação ambiental. (DE PAULA e PENIDO, 2014).

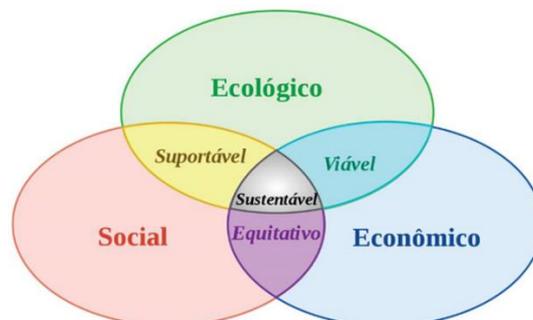
Para aqueles que veem as Agendas como um instrumento de planejamento eficaz, a confusão em torno da sustentabilidade é evidente nas divergências entre ONGs, governos, economistas, ambientalistas, sociólogos, etc., sobre qual dimensão (econômica, social ou ambiental) deve ser priorizada para o desenvolvimento sustentável. Economistas enfatizam o crescimento econômico como forma de gerar oportunidades e emprego, valorizando a produção e o consumo para aumentar a riqueza nacional, muitas vezes negligenciando aspectos sociais e ambientais. Por outro lado, os ambientalistas defendem mudanças estruturais na produção e no consumo, adotando a perspectiva da "sustentabilidade forte" e enfatizando a irreversibilidade do meio ambiente e a importância dos recursos naturais. Para compreender o conceito de sustentabilidade, é necessário determinar as dimensões e indicadores relevantes.

##### **4.1 Parâmetros da sustentabilidade**

No esforço de facilitar a compreensão do termo de sustentabilidade, o sociólogo britânico John Elkington que apresentou, em 1990, de forma gráfica, seu conceito, conhecido

como *Triple Bottom Line* (*People, Profit, Place*). O que significa que uma ação para ser considerada sustentável, necessariamente, tem que ser ecologicamente correta, economicamente viável e socialmente justa. A figura 1 o exemplifica.

Figura 1 – Tripé da sustentabilidade



Fonte: Significados, 2011.

Sachs (1993) adicionou a dimensão espacial e cultural ao esquema definido por John Elkington, destacando a importância do reconhecimento das diferenças culturais e do desenvolvimento rural. Para ser ambientalmente correto, qualquer atividade que cause impactos ambientais negativos deve ser evitada. Isso inclui a redução de emissões de gases e produtos químicos, o aprimoramento do tratamento e aproveitamento de resíduos, a utilização de técnicas de aproveitamento e reciclagem de água, a redução do consumo energético e o desenvolvimento de materiais com processos de fabricação menos impactantes e menor consumo energético (LIMA, 2018). Para ser economicamente viável, a sustentabilidade requer que as empresas continuem gerando lucros, mas de forma alinhada com a preservação ambiental e o bem-estar social. Sachs amplia o critério de rentabilidade empresarial, considerando também aspectos de caráter macroeconômico. Na dimensão social, busca-se a valorização dos direitos humanos, promovendo ações com bases éticas, para prover a inclusão social e traçar estratégias para diminuir a desigualdade social. No que se refere à sustentabilidade cultural, Sachs (1993) apresenta a necessidade de processos modernos e ambientalmente sustentáveis que busquem mudança dentro da continuidade cultural.

A Pegada Ecológica e a Biocapacidade são indicadores utilizados para avaliar o impacto humano sobre o meio ambiente. A Pegada Ecológica mede a demanda de recursos e a capacidade de regeneração da Terra, expressa em hectares globais. Ela permite comparar diferentes padrões de consumo e verificar se estão dentro dos limites sustentáveis do planeta. A Biocapacidade, é a capacidade dos ecossistemas em fornecer recursos e absorver os resíduos gerados pelo ser humano. O Brasil possui uma posição importante no cenário mundial, sendo um dos maiores credores ecológicos do planeta (ALVES, 2012).

#### 4.2 Trajetória da sustentabilidade na arquitetura

A sustentabilidade aplicada ao discurso das cidades, segundo Acselrad (2009) possui três representações distintas: na representação tecno-material, a cidade sustentável busca minimizar o consumo de energia fóssil e recursos naturais, além de promover a economia da reciclagem; na representação de qualidade de vida, enfatiza a preservação da cultura, patrimônio e embelezamento da cidade, embora também mencione o impacto negativo das

emissões nocivas geradas pelas tecnologias urbanas e na representação de legitimação das políticas urbanas, a eficiência é medida pela capacidade de atender a população.

Na arquitetura do século XX, predominou a arquitetura Moderna, impulsionada pela Revolução Industrial. Essa abordagem valorizava a praticidade em detrimento da monumentalidade, utilizando materiais como vidro, concreto, mármore e metais. O estilo internacional da arquitetura Moderna se distanciou do regionalismo e não se limitou aos recursos locais disponíveis. Essa estética difundiu-se globalmente, com edifícios baseados em estruturas metálicas e vidros, abandonando técnicas construtivas que aproveitavam recursos naturais gratuitos. Isso resultou em maior consumo energético dentro das edificações (ZAMBRANO, 2008).

No período Moderno, surgiu uma corrente arquitetônica que buscava harmonia com o meio ambiente, liderada por Frank Lloyd Wright. Ele desenvolveu a ideia de "Arquitetura Orgânica", que considerava a obra como um organismo vivo, respeitando a natureza e otimizando aspectos como iluminação, ventilação e ambiente natural. Um exemplo famoso dessa abordagem é a Casa da Cascata, construída com concreto armado, pedra, ferro e vidro, demonstrando que era possível projetar no estilo modernista mantendo a harmonia com o entorno natural. Na década de 70, em resposta à crise energética global e à preocupação com os danos ambientais causados pelos combustíveis fósseis, surgiu a Arquitetura Solar. Essa abordagem buscou reduzir ou eliminar a dependência de energias não renováveis, como combustíveis fósseis e energia nuclear, aproveitando o potencial dos recursos energéticos solares por meio da relação com o microclima local.

A partir dos anos 80, a Arquitetura Bioclimática ganhou destaque, considerando as condições climáticas e utilizando recursos naturais (sol, vegetação, chuva e vento) para minimizar impactos ambientais e reduzir o consumo de energia. Houve avanços no desenvolvimento de técnicas e dispositivos passivos para proteção ou aproveitamento do microclima. No final dos anos 80 e na década de 90, surgiu a Arquitetura Ecológica, que ampliou o conceito de sustentabilidade na construção. Além da integração com a natureza e do aproveitamento dos recursos naturais, também valorizou aspectos relacionados ao meio ambiente ao longo do ciclo de vida da edificação, considerando impactos no aquecimento global e mudanças climáticas. Na virada para os anos 2000, surgiu a Arquitetura Sustentável, abrangendo não apenas aspectos ambientais, mas também os relacionados ao Desenvolvimento Sustentável de forma mais ampla (econômico, sociocultural, espacial e cultural). Além de rever práticas em relação ao meio ambiente, a arquitetura sustentável considera o impacto nas pessoas, culturas, desenvolvimento social, mobilidade e infraestrutura nas cidades.

### **4.3 Sustentabilidade da arquitetura nas agendas mundiais**

Os compromissos, firmados pelas nações membros da ONU, apresentam o conhecimento do mundo em relação aos problemas atuais e às prioridades para tentar resolvê-los. As Agendas nos possibilitam compreender a problemática da situação atual, que legitimou e tornou globais os objetivos de sustentabilidade, para a reação política no cumprimento das metas estabelecidas. Em setembro de 2015, a Comissão para o Desenvolvimento Sustentável apresentou a Agenda 2030, documento resultante de uma Parceria Global entre os 193 países membros da ONU, que têm como objetivo principal acabar com a pobreza e a fome no mundo até 2030. Para tanto, são traçados 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169

metas para alcance do equilíbrio entre as três dimensões do desenvolvimento sustentável: ambiental, social e econômica.

A Agenda Habitat é voltada para sustentabilidade na habitação e ao desenvolvimento urbano e a conferência Habitat é realizada a cada vinte anos. A primeira ocorreu em 1976, em Vancouver, no Canadá. Em 1996, foi realizada a conferência Habitat II, em Istambul, na Turquia, com o tema “Adequada habitação para todos e o desenvolvimento de assentamentos humanos em um mundo em urbanização”. O documento resultante, a Agenda Habitat, apresenta diretrizes para alcançar o desenvolvimento sustentável em todas as cidades, com a meta de melhorar o padrão de vida de pelo menos 100 milhões de moradores em assentamentos precários no mundo para o ano de 2020. Em 2016, foi realizada a conferência Habitat III, em Quito, no Equador.

A Agenda Habitat contribuiu para a implementação da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável de maneira integrada e para o alcance das metas estabelecidas para a ODS11 - cidades e comunidades sustentáveis, que têm como principal meta tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.

A inserção da arquitetura sustentável está facilmente identificada na ODS 11 - Cidades e Comunidades sustentáveis, porém a construção impacta, não somente este objetivo, mas outros objetivos, ou seja viver em edifícios salubres e inseridos no contexto de cidade, influencia a saúde, o bem estar, a erradicação da pobreza, a redução das desigualdades sociais, a gestão dos recursos hídricos e energéticos, inovação da indústria, desenvolvimento tecnológico e estimula as parcerias nacionais e internacionais.

Para compreender a influência da arquitetura sustentável nas outras ODS's, além do objetivo 11, deve-se considerar os impactos do desenvolvimento para os objetivos 3, 7, 8, 9, 12, 13, 15 e 17: Objetivo 3 - Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades; Objetivo 7 - Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia, para todos; Objetivo 8 - Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo, e trabalho decente para todos; Objetivo 9 - Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação; Objetivo 10 - Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles; Objetivo 12 - Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis; Objetivo 13 - Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos; Objetivo 15 - Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra, e deter a perda de biodiversidade e Objetivo 17 - Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.

#### **4.4 Sustentabilidade nos projetos e o interesse no aprimoramento sustentável**

O setor da construção tem grandes desafios na produção de edificações mais sustentáveis (SANTOS e CONTI, 2017). A sustentabilidade no projeto de arquitetura desenvolveu-se a partir das Agendas, propiciando reflexões acerca de uma mudança de postura e em criar edifícios que sejam ambientalmente conscientes, socialmente responsáveis e economicamente viáveis. Além disso, os processos para obter uma arquitetura sustentável, transcendem a mera durabilidade das estruturas, neles se busca a integração de uma série de princípios e práticas que visam reduzir o impacto ambiental, promover uma relação equilibrada

do humano com o entorno natural e também envolver a consideração de aspectos como eficiência energética, uso de materiais sustentáveis e gestão responsável da água.

De fato, a eficiência energética das edificações é uma preocupação importante para promover práticas sustentáveis na edificação. Para realizar uma avaliação de sustentabilidade em uma construção, é comum recorrer a parâmetros e dados fornecidos por bancas de estudo e organizações especializadas. Essas referências facilitam e orientam o projetista sobre como iniciar a avaliação e implementar medidas de sustentabilidade. O uso de índices e parâmetros específicos é fundamental para a análise e a avaliação do desempenho energético de um edifício. Eles ajudam a racionalizar o uso de energia, garantir o conforto ambiental, bem como proporcionar o controle térmico adequado. Uma abordagem integrada que considere esses diversos aspectos promove uma construção eficiente e alinhada aos princípios do desenvolvimento sustentável. (ABREU, 2012).

Com o crescente interesse em sustentabilidade e eficiência energética na construção civil, surgiram pesquisas e sistemas de classificação para orientar e regulamentar os sistemas construtivos. Esses sistemas visam premiar e avaliar o consumo e a eficiência energética nas edificações. Atualmente, os dois sistemas mais utilizados são *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM) e o *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED). Essas metodologias fornecem diretrizes e critérios para avaliar diversos aspectos relacionados à sustentabilidade, incluindo eficiência energética, uso racional de recursos naturais e qualidade ambiental interna. Promovem a adoção de práticas sustentáveis e incentivam a busca por soluções construtivas mais responsáveis com o meio ambiente. No Brasil, o Selo Procel Edifica, desenvolvido pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), tem sido adotado como uma forma alternativa para comprovar os requisitos de desempenho sustentável de um projeto de arquitetura. (BUENO e ROSSIGNOLO, 2010).

As certificações avaliam o desempenho das edificações com base em critérios. Embora a eficiência energética e o uso de energias renováveis na arquitetura sejam importantes, não são suficientes para proteger os recursos em risco. Uma mudança cultural na construção é necessária em busca da sustentabilidade, seguindo princípios específicos. Morão e Pedro (2009) identificaram nove princípios da construção sustentável, incluindo abordagem global, ocupação racional do solo, eficiência energética, gestão da água, gestão de materiais e resíduos, conforto no uso de edifícios, adaptação aos modos de habitar, participação dos habitantes e flexibilidade de uso. Nesta pesquisa, foram selecionados oito desses princípios, pois o primeiro se refere a uma abordagem integral e o estudo foca em casos específicos. Os Trabalhos de Conclusão de Curso (TCCs) exemplificam esses princípios de forma enfática e foram orientados por uma das autoras deste artigo, representando 10% das orientações feitas nos últimos 20 anos.

#### **4.4.1 Ocupação racional do solo**

As condições naturais do terreno devem ser aproveitadas, adaptando o projeto à topografia local, evitando fazer modificações radicais, considerando maior área de solo permeável possível, buscando utilizar a menor taxa de ocupação possível permitida em lei. O entorno imediato deve se considerar, a fim de privilegiar a paisagem, vistas e as vegetações, promovendo a integração ao ambiente natural, as origens e cultura local, e não provocar impactos negativos na vizinhança.

O projeto do espaço Gaia, proposto para São Pedro da Serra, Nova Friburgo, no Rio de Janeiro, foi concebido para uma propriedade rural com uma distribuição racional do programa de necessidades. O projeto inclui um Casarão (sede), oito chalés para hospedagem e um chalé sauna. A implantação do projeto foi adaptada às curvas de nível do terreno, buscando uma utilização racional do espaço disponível e evitando desnivelamentos excessivos. Uma das premissas do projeto foi proteger o solo das chuvas diretas nas partes mais altas do terreno, considerando que o solo da região é fino evitando possíveis deslizamentos. A inserção de espécies vegetais foi planejada que formam uma cobertura densa com raízes finas, promovendo um melhor adensamento do solo.

Figura 2 – TCC - Espaço Gaia



Fonte: Mello, 2018

#### 4.4.2 Eficiência e autonomia energéticas

Para o uso racional da energia dentro da edificação, a arquitetura deve empregar as estratégias bioclimáticas de projeto, de acordo com as zonas climáticas; usar fontes renováveis para geração de energia; maximizar a iluminação natural; usar sistemas de iluminação artificial e equipamentos mais eficientes.

O projeto do Vale Shopping Cruzeiro, aspirou valorizar o terreno, na cidade de Cruzeiro, em São Paulo. Na busca pela eficiência energética da edificação, foram empregados recursos, tais como o uso de postes com receptores solares que permitem que a iluminação do estacionamento, reduzindo a dependência da rede elétrica convencional. Da mesma forma, a iluminação interna é alimentada por placas solares gerando sua própria energia para iluminar seus espaços internos, notou-se nesse item o cálculo de dimensionamento que resultou em cerca de 205 placas de capacidade de 7,71A. Além disso, a inserção de claraboias em pontos específicos e *shafts* para iluminação zenital permite o aproveitamento máximo da luz natural, reduzindo a necessidade de iluminação artificial durante o dia. A aplicação desses recursos ajuda a aumentar a autonomia energética da construção, tornando-a mais sustentável e eficiente do ponto de vista energético.

Figura 3 – TCC – Vale Shopping Cruzeiro



Fonte: Vianna, 2011.

#### 4.4.3 Gestão do ciclo hidrológico

A quantidade de água potável disponível é limitada, sendo fundamental pensar a edificação com mecanismos que possibilitem o uso racional deste recurso. Entre as possibilidades de utilização de água de fontes alternativas à água potável das concessionárias, estão o aproveitamento de águas pluviais, os poços artesianos e o reuso de águas cinzas. Na fase de planejamento, deve-se considerar no projeto o máximo de áreas permeáveis para infiltração de água da chuva no solo; instalação de sistema de reuso de água e de captação de água da chuva; utilização de equipamentos eficientes para economia de água e realização do tratamento adequado do esgoto no local.

No projeto da Escola Santo Antônio, para a cidade de Volta Redonda, no Rio de Janeiro, adotou-se soluções específicas para guiar o processo de sustentabilidade. Um dos projetos consiste na coleta de águas pluviais por meio de cisternas, visando minimizar o consumo dos recursos hídricos para atividades cotidianas. Dessa forma, tem-se impactos sustentáveis com o aproveitamento da água da chuva captada, reutilizadas para descargas de vasos sanitários, limpeza e rega dos jardins, incluindo os benefícios para a infraestrutura urbana, que é frequentemente afetada por chuvas intensas, com a retenção em cisternas.

Figura 4 – TCC – Escola Construtivista: Escola Santo Antônio



Fonte: Morais, 2010.

#### 4.4.4 Gestão de materiais e resíduos

A gestão de materiais deve considerar a utilização de matérias primas que priorizem a ecoeficiência e considerar a economia circular em toda a cadeia produtiva, que tem como objetivo manter o fluxo circular dos recursos, priorizando insumos mais duráveis, recicláveis e renováveis. Os materiais devem ser utilizados de forma racional e, sempre que possível, regionais, evitando gastos e aumento da poluição decorrente do transporte de materiais. O reaproveitamento de edificações é a forma mais eficiente no uso de recursos, realizando a ocupação de edificações vazias em locais dotados de infraestrutura. No caso de reforma e *retrofit*, deve-se, sempre que possível, potencializar o uso de estruturas e elementos existentes.

O projeto da Pousada e Restaurante Salinas Ferreira em Araruama, no Rio de Janeiro. As principais etapas buscam transformar uma edificação residencial desocupada através de *retrofit*, conservando assim o patrimônio histórico. Os levantamentos foram realizados para verificação dos materiais existentes, através de cálculo do que seria demolido e a classificação dos mesmos, mencionou-se a destinação correta com base na resolução ambiental vigente. Também se criou de uma horta para produção de alimentos e a implementação de uma composteira para redução de resíduos e fertilização do jardim, destinando para esse local resíduos orgânicos produzidos diariamente.

Figura 5 – TCC – Pousada e Restaurante Salinas Ferreira



Fonte: Ferreira, 2014.

#### 4.4.5 Conforto no uso de edifícios

O projeto deve promover o conforto no uso dos edifícios, prezando a qualidade do ar, bom desempenho na edificação em relação à acústica, espaços de uso comum para integração da comunidade, facilidade de acesso aos pedestres, acessibilidade, higiene, estabilidade, vida útil da construção, segurança estrutural e contra incêndios. Para o conforto, é necessário que: as áreas principais de ocupação estejam localizadas distantes de fontes poluidoras; a edificação seja projetada de forma que obtenha níveis de conforto térmico satisfatório, considerando o uso das zonas bioclimáticas e incidência da radiação solar; seja maximizada a ventilação natural; e valorizados os elementos naturais no tratamento paisagístico e o uso de espécies nativas.

No projeto da Casa na Encosta, no bairro de Itacoatiara, em Niterói, no Rio de Janeiro, considerou-se uma residência unifamiliar de grande porte, com objetivo de criar uma proposta que satisfizesse todas as necessidades e demandas dos moradores, seguindo os princípios de funcionalidade, acessibilidade, conforto ambiental, integração com o entorno e a natureza, técnicas construtivas de qualidade, baixo desperdício e baixo impacto ambiental. Foi escolhido um perfil específico de residência voltado para um público específico, reconhecendo a importância de atender a esse tipo de demanda. Identificando o perfil e as necessidades dos moradores, foi possível definir os diferentes ambientes com base em suas funções e agrupá-los de acordo com a similaridade e compatibilidade de uso, gerando integração entre os espaços. A preocupação com a habitabilidade foi mencionada em vários momentos e respondida pelas propostas projetuais.

Figura 6 – TCC – Casa na encosta



Fonte: Alves, 2014.

#### 4.4.6 Adequação aos modos de habitar

A adequação da habitação está na flexibilidade de espaço, de materiais e de componentes nos seus projetos, com o objetivo de considerar as necessidades dos usuários na fase de construção para evitar os desperdícios de materiais, aumento do custo de obra, aumento de resíduos, desconforto com relação a ruídos, problemas de saúde, como crise alérgica, entre outros problemas que uma reforma pode gerar.

O projeto da Residência Sustentável em Araruama, Rio de Janeiro, demonstra uma adequação dos modos de habitar por meio do interesse na elaboração de um programa de necessidades bem definido junto ao morador/investidor e aplicação diversas medidas sustentáveis. A escolha da localização levou em consideração e a proximidade com serviços e áreas urbanas, o que contribui para a redução de deslocamentos e o aproveitamento de infraestruturas existentes. O objetivo geral do projeto foi proporcionar conforto aos moradores, reduzir os custos de manutenção e promover o uso consciente dos recursos naturais, demonstrando um modelo de habitação mais sustentável possível.

Figura 7 – TCC – Residência Sustentável em Araruama



Fonte: Ferreira, 2014.

#### 4.4.7 Apropriação e participação dos habitantes

Os padrões de sustentabilidade, impostos na fase de planejamento e construção, somente vão se perpetuar durante a operação da edificação, se houver o comprometimento e, principalmente, uma cultura voltada à valorização do meio ambiente e para a participação comunitária. Para tanto, é necessário promover a conscientização dos usuários, através da educação ambiental, apresentando as vantagens do uso consciente de energia, água, reciclagem de lixo, cuidado com as áreas comuns de condomínios, hortas e outras ações sustentáveis.

O projeto da Habitação Eco-sustentável de Interesse Social demonstrou uma abordagem centrada na apropriação e participação dos habitantes, bem como na educação ambiental dos projetistas e moradores. A localização no campus universitário da UFF permitiria uma integração com a comunidade acadêmica e a criação de um ambiente de aprendizagem. A educação ambiental dos projetistas e habitantes foi uma prioridade, visando disseminar práticas sustentáveis e conscientizar sobre a importância da preservação ambiental. As soluções adotadas incluíram a captação de água da chuva para reduzir o consumo de água potável, o uso de energia solar e eólica, a criação de uma horta urbana, espaço para compostagem e o plantio de árvores adequadas ao clima local. O objetivo geral foi promover sustentabilidade e conforto

ambiental, atendendo às necessidades das famílias de baixa renda de forma acessível. Além disso, o projeto buscou incentivar o interesse dos estudantes por processos sustentáveis na habitação, envolvendo-os no desenvolvimento e implementação das soluções sustentáveis.

Figura 9 – TCC – Protótipo para Habitação Eco-sustentável de Interesse Social



Fonte: Silva, 2016.

#### 4.4.8 Otimização da construção e flexibilidade no uso

A otimização e flexibilização da construção devem considerar a vida útil da edificação. Em novos projetos, é importante considerar a desconstrução, enquanto em edificações existentes, a reabilitação, o *retrofit* e o restauro são relevantes. A desconstrução visa aumentar a reutilização dos elementos construtivos, que normalmente não são danificados quando desmontados. Para isso, é necessário especificar conexões removíveis, facilitar o acesso à desmontagem, utilizar peças modularizadas e revestimentos removíveis, além de empregar sistemas construtivos de aço e madeira.

O projeto da Casa Brisa em Arraial do Cabo, Rio de Janeiro, propôs uma arquitetura residencial unifamiliar de alto padrão, utilizando conceitos do regionalismo crítico, otimização de recursos arquitetônicos e preservação das características naturais da região. No projeto foi enfatizada a integração dos ambientes internos com o espaço externo. Dentre os materiais modulares empregados estão os painéis de CLT (*Cross-Laminated Timber*) desempenham um papel importante na construção, pois são versáteis e permitem a criação de edifícios para diversos usos, além de permitir modificações quando necessárias. Eles podem ser combinados com outros materiais construtivos, como estruturas metálicas e de concreto, oferecendo flexibilidade e liberdade de design arquitetônico.

Figura 8 – TCC – Casa Brisa



Fonte: Sales, 2021.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A premissa acerca da sustentabilidade, denota que esse é um conceito complexo e multifacetado, que envolve as dimensões ambiental, social, econômica e cultural, devendo ser utilizado de forma crítica, observando os interesses que exprimem seu uso para que seja levado em conta critérios de equidade para um desenvolvimento justo. A evolução do conceito de sustentabilidade ao longo do tempo pode ser observada, desde a conscientização sobre os danos ambientais até a adoção de políticas e planos para a construção de sociedades sustentáveis.

Na arquitetura, a sustentabilidade também teve uma trajetória de desenvolvimento, passando por diferentes abordagens, como a arquitetura orgânica, solar, bioclimática, ecológica e sustentável. A arquitetura sustentável desempenha um papel importante na busca pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), e este artigo inferiu-se na ODS 11 o conceito que melhor descreve essa proposta contribuindo para a criação de cidades e comunidades sustentáveis e impactando outros objetivos relacionados à saúde, energia, crescimento econômico, infraestrutura, redução da desigualdade e parcerias.

O setor da construção enfrenta grandes desafios na produção de edificações mais sustentáveis e requer uma mudança de postura para criar edifícios ambientalmente conscientes, socialmente responsáveis e economicamente viáveis. Sistemas de classificação, como o BREEAM, o LEED e o Selo Procel Edifica, fornecem diretrizes e critérios para avaliar a sustentabilidade das edificações. A adoção de princípios da sustentabilidade como ocupação racional do solo, eficiência e autonomia energéticas, gestão do ciclo hidrológico, gestão de materiais e resíduos, conforto no uso de edifícios, adequação aos modos de habitar, apropriação do ambiente natural e participação dos habitantes são fundamentais para promover a construção sustentável. Os exemplos apresentados nos Trabalhos de Conclusão de Curso (TCCs) ilustram a aplicação desses princípios em projetos arquitetônicos específicos e mostram o interesse dos estudantes em promover projetos que estejam consonantes com a realidade em que nos encontramos, sendo muito importante essa posição, haja vista que estes serão os profissionais que desenvolveram nossas cidades no século XXI.

## REFERÊNCIAS

ABREU, W. G. **Manutenção Predial Sustentável**: diretrizes e práticas em shopping centers. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2012.

ACSELRAD, Henri. **A Duração das Cidades**: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas. 2. ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2009.

ACSELRAD, Henri. Discursos da sustentabilidade urbana. **Revista de Estudos Urbanos e Regionais**, n.79, 1999.

ALVES, Eustáquio Diniz. Pegada Ecológica e Biocapacidade. *Ecodebate*, edição nº 1.597, 23 mai, 2012. Disponível em: <<https://rebrand.ly/1d8634>> Acesso em: mai 2023.

ALVES, Thais C. de C. **Casa na Encosta**. TCC (Graduação Arquitetura e urbanismo). Escola de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2014.

BRASIL. **Agenda 21 Brasileira**: ações prioritárias. 2. ed. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2004. Disponível em: <<https://rebrand.ly/a742c9>>. Acesso em: 02 maio 2021.

BUENO, Cristiane e ROSSIGNOLO, João Adriano. Desempenho ambiental de edificações: cenário atual e perspectivas dos sistemas de certificação. **Minerva**, v. 7, n. 1, p. 45-52, 2010.

DE PAULA, Igor R. e PENIDO, Marina de O. O desenvolvimento sustentável e as intencionalidades do discurso publicitário empresarial verde. In: I Simpósio Mineiro de Geografia, 26-30 mai. **Anais [...]**. Alfenas, 2014, p. 245-259.

EMER, Aquélis Armiliato e CORONA, Hieda Maria Pagliosa. Percepção ambiental: uma ferramenta para discutir o ambiente urbano. **Revista ANAP Brasil**, n.7, 2013. Disponível em: <<https://rebrand.ly/0c99fd>>. Acesso em: abr 2023.

FERREIRA, Denise. **Residência Sustentável em Araruama**. TCC (Graduação Arquitetura e urbanismo). Escola de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2014.

FERREIRA, Patrícia. **Pousada e Restaurante Salinas Ferreira**. TCC (Graduação Arquitetura e urbanismo). Escola de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2014.

LIMA, Rosimeire Midori S. R. **Construções Sustentáveis**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional, 2018.

MACHADO, Maria Helena Ferreira. Urbanização e sustentabilidade ambiental: questões de territórios. **Revista de Estudos Urbanos e Regionais**, n. 3, p. 81-95, out. 2000.

MELLO, Victoria L. R. Z. de. **Espaço Gaia**. TCC (Graduação Arquitetura e urbanismo). Escola de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2018.

MORAIS, Vivian C. **Escola Construtivista**: Escola Santo Antônio. TCC (Graduação Arquitetura e urbanismo). Escola de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2010.

MOURÃO, Joana e PEDRO, João B. Para uma habitação ambientalmente mais sustentável (I): Recursos ambientais em risco. **Jornal Arquitecturas**, jun. 2009. Disponível em :<<https://rebrand.ly/ba4db5>>. Acesso em: mai 2023.

SACHS, Ignacy. **Estratégia de Transição para o Século XXI**: Para Pensar o Desenvolvimento Sustentável. Bulsztyn, Marcel (Org). São Paulo: Brasiliense, 1993.

SALES, Jhennifer F. **Casa Brisa**. TCC (Graduação Arquitetura e urbanismo). Escola de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2021.

SANTOS, Edson P. e CONTI, Thadeu das N.s. Mercado profissional para a área de energia e eficiência energética no Brasil. **Revista Internacional de Ciências**, v. 7, n. 2, Rio de Janeiro, 2017.

SIGNIFICADOS. Sustentabilidade, 2011. Disponível em: <[www.significados.com.br/sustentabilidade](http://www.significados.com.br/sustentabilidade)> Acesso em: 19 mai 2023.

SILVA, Liliane Rodrigues da. **Protótipo para Habitação Eco-sustentável de Interesse Social**. TCC (Graduação Arquitetura e urbanismo). Escola de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2016.

UNITED NATIONS (UN). Report of the world Commission on Environment and Development: note by the Secretary-General. [New York]: United Nations, 4 Aug. 1987. Disponível em: <<https://digitallibrary.un.org/record/139811>>. Acesso em: 15 mai 2021.

VIANNA, Juliana R. **Vale Shopping Cruzeiro**. TCC (Graduação Arquitetura e urbanismo). Escola de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2011.

ZAMBRANO, L. M. A. **Integração dos Princípios da Sustentabilidade ao Projeto de Arquitetura**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). PROARQ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.