

ANNA CLARA FRANZEN DE NARDIN, MARCOS ALBERTO OSS VAGHETTI E FABIANE VIEIRA ROMANO

## Das partes para o todo: integrações para uma arquitetura e urbanismo vivos

*From parts to whole: integrations for a living architecture and urbanism*

**Anna Clara Franzen De Nardin**

Possui Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria e é mestranda em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Santa Maria. Investiga possibilidades de intersecção entre biomimética, pensamento sistêmico e design regenerativo para definição de parâmetros de sustentabilidade inspirados nos sistemas vivos e que incentivem relações simbióticas positivas entre ambiente construído e natureza.

*Graduated in Civil Engineering at the Federal University of Santa Maria and master's student in Architecture and Urbanism at the Federal University of Santa Maria. Investigates possibilities of intersection between biomimicry, systems thinking and regenerative design to define sustainability parameters inspired by living systems that encourage positive symbiotic relationships between the built environment and nature.*

annadenardin@gmail.com

**Marcos Alberto Oss Vaghetti**

Possui Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria, mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria e doutorado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e dos Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Possui experiência na área de Engenharia de Materiais e Habitações Sustentáveis e é Professor Associado da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

*Graduated in Civil Engineering at the Federal University of Santa Maria, Master's degree in Civil Engineering at the Federal University of Santa Maria and DsC. in Mining, Metallurgical and Materials Engineering at the Federal University of Rio Grande do Sul. Has experience in Material's Engineering and Sustainable Housing and is an Associate Professor at the Federal University of Santa Maria (UFSM).*

marcos.vaghetti@ufsm.br

**Fabiane Vieira Romano**

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria, mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Maria e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina. Professora associada da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

*Graduated in Civil Engineering at the Federal University of Santa Maria; Master's degree in Production Engineering at the Federal University of Santa Maria; DSc. in Production Engineering at the Federal University of Santa Catarina; Associate professor at the Federal University of Santa Maria (UFSM).*

[fabirmano@gmail.com](mailto:fabirmano@gmail.com)

## Resumo

Apesar de a visão sistêmica estar emergindo em diversos campos da ciência, muitos dos métodos atuais de projeto e avaliação de edificações sustentáveis ainda são fundamentados em um pensamento reducionista, que se baseia em observar cada critério de forma isolada, listando estratégias e tecnologias usadas no cumprimento das metas de desempenho, em vez de ilustrar como cada critério funciona como parte de um sistema integrado. Sendo assim, se torna necessária a investigação de novas ferramentas de projeto que sejam suficientemente inclusivas, holísticas, multidimensionais, e capazes de abordar as questões sistêmicas do nosso tempo. Seguindo a metodologia de Revisão Sistemática da Literatura, foram selecionados 25 artigos em duas bases de dados relevantes da área para identificar o quanto e como está sendo abordada a visão sistêmica em métodos de avaliação de edificações sustentáveis internacionalmente. O objetivo da revisão sistemática é servir de base para se estruturar um diagrama holístico que se adeque ao contexto brasileiro e se inspire nos processos ecossistêmicos e cíclicos da natureza. Assim, pode-se criar uma arquitetura que seja mais do que a mera soma de seus componentes mensuráveis, e que se torne uma entidade “viva” em que todas as suas partes são relacionadas entre si pelo estado geral do todo.

**Palavras-chave:** Ferramentas de design. Visão sistêmica. Arquitetura sustentável. Metodologia de projeto

## Abstract

*Although the systemic view is emerging in several fields of science, many of the current methods of designing and evaluating sustainable buildings are still reasoned on a reductionist thinking, which is based on observing each criterion in isolation, listing strategies and technologies used in the fulfillment performance targets, rather than illustrating how each criterion works as part of an integrated system. Therefore, it is necessary to investigate new design tools that are sufficiently inclusive, holistic, multidimensional, and capable of addressing the systemic issues of our time. Following the methodology of Systematic Literature Review, 25 articles were selected in two relevant databases in the area to identify how much and how the systemic view is being approached in internationally sustainable building assessment methods. The objective of the systematic review is to serve as a basis for structuring a holistic diagram that fits in the Brazilian context and is inspired by the ecosystemic and cyclical processes of nature. Thus, one can create an architecture that is more than the mere sum of its measurable components, and that becomes a “living” entity in which all its parts are related to each other by the general state of the whole.*

**Keywords:** Design tools. Systemic view. Sustainable architecture. Project methodology

## Resumen

*A pesar que la visión sistémica está surgiendo en muchos campos de la ciencia, muchos de los métodos actuales de diseño y evaluación de edificios sostenibles siguen basándose en el pensamiento reduccionista, que se basa en la observación de cada criterio de forma aislada, enumerando las estrategias y tecnologías utilizadas para cumplir los objetivos de rendimiento, en lugar de ilustrar como funciona cada criterio como parte de un sistema integrado. Por lo tanto, es necesario investigar nuevas herramientas de diseño que sean suficientemente inclusivas, holísticas, multidimensionales y capaces de abordar los problemas sistémicos de nuestro tiempo. Siguiendo la metodología del Systematic Literature Review, fueron seleccionados 25 artículos, de dos bases de datos pertinentes al área, para determinar en qué medida y cómo se está*

*abordando la visión sistémica en los métodos de evaluación de los edificios sostenibles a nivel internacional. El objetivo de la revisión sistemática, es servir de base para estructurar un diagrama holístico que se adecúe al contexto brasileño y se inspire en los procesos ecosistémicos y cíclicos de la naturaleza. De esta manera, se puede crear una arquitectura que sea más que la mera suma de sus componentes mensurables, y que se convierta en una entidad "viva" en la que todas sus partes estén relacionadas entre sí por el estado general del conjunto.*

**Palabras clave:** Herramientas de diseño. Visión sistémica. Arquitectura sostenible. Metodología del proyecto.

## Introdução

As prioridades de um projeto arquitetônico ou urbanístico são moldadas pelo paradigma predominante e pelo sistema de valores do contexto social e cultural em que emergem, da mesma forma que as tecnologias implantadas pela sociedade refletem sua cultura e como ela entende e envolve os sistemas naturais (COLE, 2012a). Nos últimos anos, nosso sistema de valores tem sido moldado dentro de um contexto em que crises ecológicas, sociais, econômicas, políticas e culturais coexistem e, nesse sentido, a preocupação com a sustentabilidade vêm ganhando espaço não só na arquitetura, mas em todas as áreas em que ela pode ser implementada. Nessa conjuntura de crises sistêmicas, tornou-se cada vez mais claro que os problemas e desafios que enfrentamos são altamente interligados, complexos e multidisciplinares (HIERONYMI, 2013; NAVEH, 2000) e vários estudiosos têm defendido a relevância das abordagens não ocidentais para construir novas conexões entre partes isoladas de um mesmo problema (RANDRUP et al., 2020). Essa revolução no modo de pensamento científico ocorreu com a "ciência da complexidade", caracterizada por uma grande mudança de paradigma de abordagens inteiramente reducionistas e mecanicistas, que fragmentam o todo em partículas cada vez menores, para outras mais holísticas, com tendências de integração, síntese e complementaridade. Isso significou a necessidade de substituir a dependência de processos exclusivamente lineares e determinísticos por processos não lineares, baseados em sistemas que pensam em redes (NAVEH, 2001).

Porém, muito do modo de pensamento ocidental ainda é marcado pelo método cartesiano promovido por René Descartes no século XVII, que introduziu os dualismos não apenas do corpo e da mente, mas também da natureza e da cultura. Esse dualismo permaneceu a pedra no caminho quando o conceito de sustentabilidade foi desenvolvido nos anos 1980 (RANDRUP et al., 2020). Apesar das ciências holísticas estarem emergindo como uma força em vários campos, os métodos atuais de avaliação de sustentabilidade em edificações ainda são muito baseados em observar cada critério de forma isolada, como na certificação de Liderança em Energia e Design Ambiental (LEED). A maneira como a construção de métodos de avaliação ambiental identifica requisitos discretos de desempenho geralmente se traduz em uma série de gestos dispersos de design para atendê-los, em vez de incentivar sinergias criativas, fechar ciclos de interdependências e interações e responder adequadamente aos contextos ecológicos e sociais locais. De fato, o sucesso da construção ecológica é normalmente descrito em termos de listar as estratégias e tecnologias usadas no cumprimento das metas de desempenho, em vez de ilustrar como elas funcionam como parte de um sistema integrado (COLE, 2012b).

Segundo Naveh (2001), tanto a teoria arquitetônica como a urbanística não pode ser limitada por uma teoria preditiva rígida, individual e mecanicista, para a qual a física newtoniana clássica serviu de modelo. Ela deve ser guiada por uma visão holística muito mais ampla e flexível, orientada para o futuro dos sistemas mundiais, já que as cidades servem como matriz espacial de vida, tornando-se um ecossistema formado por organismos (ou edificações) que se relacionam entre si pelo estado geral do todo formando um metabolismo urbano. Apesar de os edifícios parecerem entidades estáticas na escala urbana, funcionam como nós, onde os fluxos de energia, pessoas, materiais e ideias se reúnem. Um único edifício intervém em uma rede de processos dinâmicos interconectados que constituem as cidades, formando os nós de uma grande teia urbana. O desenvolvimento regenerativo convida os arquitetos e urbanistas a estender sua visão às maneiras pelas quais os edifícios podem ser usados para criar mudanças benéficas em sistemas maiores.

A mudança de paradigma para o design e desenvolvimento regenerativos é uma transformação social e cultural que reconhece a interconectividade com o mundo natural (LASZLO, 2008), e muitos acreditam que conceituar cidades como um sistema complexo e integrado é vital para seu sucesso futuro. Segundo Buck (2017) a biomimética (do grego “bios”: vida e “mimesis”: imitação) se ajusta bem a essa abordagem, uma vez que agir de forma sistêmica já é o modo de operação da natureza há bilhões de anos. Os ecossistemas fornecem aos projetistas exemplos de como a vida pode funcionar efetivamente em um dado local e clima de forma cíclica e interconectada, oferecendo ideias sobre como o ambiente construído poderia operar mais como um sistema do que como um conjunto de edifícios individuais semelhantes a objetos não relacionados (ZARI, 2012). Esse recurso de ver através de lentes sistêmicas, formam os fundamentos, as ferramentas e os métodos para provocar essa mudança de pensamento de que necessitamos (HIERONYMI, 2013), e mostra como criar um futuro diferente, reconhecendo o sistema maior do qual se faz parte e promovendo a colaboração em todos os limites imagináveis.

Os resultados do estudo de Paranagama, Price e Khandokar (2010), confirmaram que ainda não há uma ferramenta de avaliação que seja suficientemente inclusiva, holística, multidimensional, capaz de abordar questões sociais, ambientais e econômicas simultaneamente, e que possa ser utilizada tanto na escala de uma edificação quanto na escala urbana. As ferramentas e estruturas atuais que tentam ajudar os profissionais a ir além da sustentabilidade não abordam adequadamente a interconectividade entre o desenvolvimento humano e o mundo natural, nem consideram completamente os aspectos abrangentes da equidade social, como a educação, beleza, envolvimento da comunidade e diversidade socioeconômica (PLAUT et al., 2012). Nesse sentido, é preciso investigar novas estruturas que tenham uma abordagem holística e que deixem claras as relações de interdependência entre as partes do sistema analisado, sendo que os mapas visuais ou diagramas ajudam a integrar o conhecimento e estabelecer essas relações entre os conceitos. O objetivo dessa pesquisa é, através de uma revisão sistemática da literatura, identificar o quanto e como está sendo abordada a visão sistêmica em métodos de avaliação de edificações sustentáveis internacionalmente, que irão servir de base para se estruturar um diagrama holístico que se adeque ao contexto brasileiro e se inspire nos processos ecossistêmicos e cíclicos da natureza.

## Metodologia

Para se investigar métodos holísticos de avaliação de sustentabilidade já existentes, bem como identificar lacunas de pesquisa, foi realizada uma revisão sistemática da literatura. Primeiramente foi realizada uma pesquisa prévia no Portal Periódico Capes para verificação de quais bases de dados apresentavam maior número de resultados e possuíam maior relevância para o tema. As palavras-chave utilizadas foram arquitetura regenerativa (“regenerative architecture”), e a partir desta primeira busca foram selecionadas duas bases para pesquisa: “Scopus” e “Web of Science”. Com a definição das bases, escolheram-se as palavras-chave e os caracteres (string) de busca: “regenerative” OR “integrative” OR “systemic” OR “holistic” OR “ecosystem” OR “biomimicry” OR “nature based solutions” AND “urban planning” OR “applied social sciences” OR “development” OR “urban studies” OR “architecture”. No caso desta pesquisa, aceitou-se que os strings fizessem parte apenas do título da publicação. Definiram-se como tipo de trabalho aceito apenas artigos e inglês como idioma. Essa escolha se deu com o objetivo de ampliar ao máximo o alcance da busca, já que nessa etapa da revisão sistemática se busca uma compreensão sobre o panorama geral do

assunto. Dessa forma, não se definiu nenhuma limitação local ou temporal para a busca, fato que levou a limitação de artigos em inglês para diminuir o número de resultados em idiomas que os autores não compreendem.

Obtiveram-se no total 1399 artigos, que seguiram no processo de seleção através da análise dos títulos, excluindo os artigos que não aparentavam estar incluídos dentro dos assuntos pertinentes para a revisão de literatura. Foram mantidos alguns títulos que trouxeram incertezas quanto a este critério, para serem apurados na próxima fase. Na análise dos resumos, restaram 45 artigos, dos quais apenas 25 estavam disponíveis para download, conforme Figura 1.

Processo/base	Web of Science	Scopus (Elsevier)	Total
<b>Busca</b>	1005	394	1399
<b>Título</b>	133	125	258
<b>Resumo</b>	14	31	45
<b>Disponibilidade</b>	14	11	25
<b>Leitura</b>	14	11	25

FIGURA 1 – Resultado do mapeamento sistemático da literatura

Fonte: A autora.

Após a seleção dos artigos, iniciou-se a leitura completa dos trabalhos, sendo eles classificados em subáreas de acordo com a Figura 2.

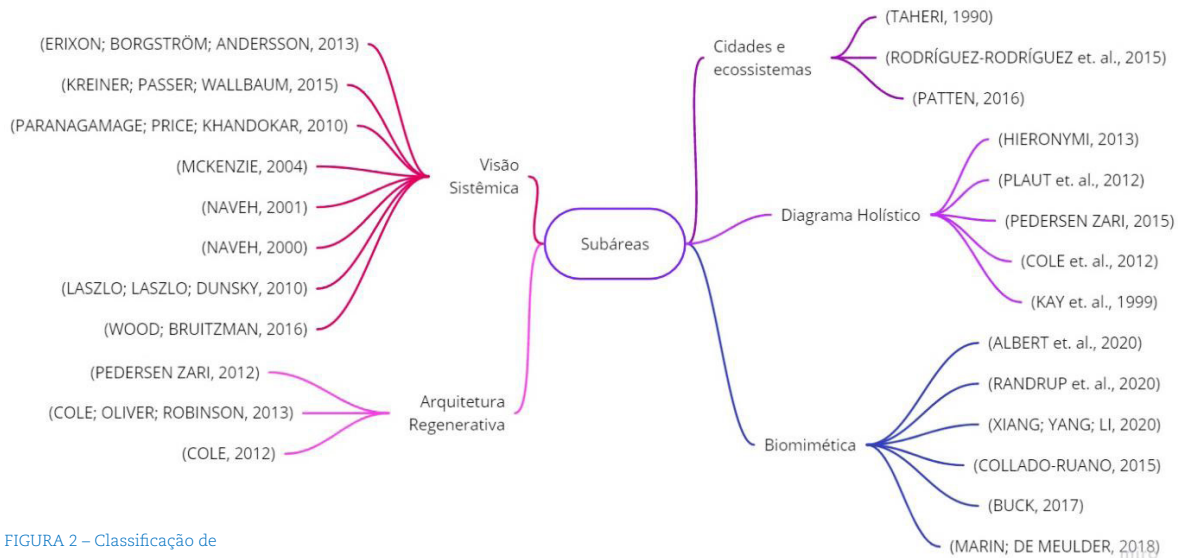


FIGURA 2 – Classificação de artigos em subáreas

Fonte: A autora

A classificação em subáreas se deu através da escolha de cinco temas que poderiam servir de base teórica para elaboração do diagrama a partir da análise das palavras-chave, dentre eles: visão sistêmica, biomimética, diagrama holístico, arquitetura regenerativa e relações entre cidades e ecossistemas. O agrupamento de artigos similares facilita a identificação de potenciais sinergias ou antagonismos entre os estudos de um mesmo tema, além de tornar mais fácil a identificação de lacunas de pesquisa entre eles.



## Resultados dos artigos analisados e estado da arte

A seguir apresentam-se os principais objetivos e um breve resumo dos artigos analisados, divididos de acordo com suas subáreas. Essa organização permite entender brevemente o estado da arte de cada um dos assuntos e indica pontos de coesão entre eles, o que abre possibilidades de integração entre diferentes perspectivas, aparentemente autônomas.

### Arquitetura regenerativa

Nos estudos de Cole, Oliver e Robinson (2013), aspectos potencialmente relevantes de um sistema sócio ecológico e das teorias da evolução são examinados. Várias observações são apresentadas sobre como eles podem oferecer um enquadramento teórico para concepção de uma arquitetura regenerativa, modificando o entendimento dos edifícios como artefatos para o entendimento do seu papel dinâmico nos processos adaptativos ao longo do tempo. O potencial para entender e imitar os serviços ecossistêmicos é também explorado por Pedersen Zari (2012), para estabelecer metas para um desenvolvimento regenerativo. Os principais pontos de interesse para criação de um ambiente urbano integrativo que restaure ecossistemas locais são identificados. Já Cole (2012a) investiga as diferenças entre design verde, sustentabilidade e design regenerativo e como cada um representa e envolve sistemas e processos naturais.

### Cidades e ecossistemas

Patten (2016) revisa aspectos de sustentabilidade e resiliência e sua relação com a gestão de ecossistemas urbanos e naturais interdependentes. Investiga também se a sabedoria ecológica pode ser uma ferramenta que guia como esses dois sistemas são gerenciados para manter a sustentabilidade de ambos. Taheri (1990) realiza um estudo sobre os métodos de adaptação das criaturas vivas, bem como da arquitetura tradicional para diferentes climas do mundo para desenvolver uma nova classificação de estilos arquitetônicos com base nas principais divisões de plantas de áreas áridas e úmidas, a saber, xerófitas e higrófitas. Já o estudo de Rodríguez-Rodríguez *et al.* (2015) explora a viabilidade de cidades autossuficientes em um cenário utópico, que pretendem servir como referência para a definição de uma demanda otimizada de serviços ecossistêmicos urbanos.

### Diagrama holístico

Alguns diagramas visuais que integram conhecimentos e estabelecem relações entre conceitos já estão em desenvolvimento na área da arquitetura e urbanismo, como no estudo de Hieronymi (2013), que elabora visualizações integrativas para destacar as relações entre diferentes perspectivas, apresentando um conjunto de princípios-chave dos sistemas e relacionando-os com fluxos teóricos, além de descrever aspectos de metodologias orientadas dentro de um ciclo geral do processo. Plaut *et al.* (2012) cria um diagrama que descreve um método para ajudar as comunidades e as equipes de projeto a estabelecer objetivos e explorar relacionamentos e interconexões, a fim de criar locais onde sistemas naturais, sociais e econômicos possam prosperar mutuamente. Pederzen Zari (2015) investiga através de um diagrama como os ecossistemas podem ser robustos, resilientes e capazes de se adaptar às mudanças constantes, a fim de elaborar estratégias e técnicas que possam ser transferidas para um contexto de projeto arquitetônico ou urbano com uma abordagem prática de biomimética.

Cole *et al.* (2012b) descreve a lógica, o design e a aplicação potencial de uma estrutura para apoiar o design e o desenvolvimento regenerativo na prática. Em vez de apresentar conjuntos de estratégias e diretrizes específicas de design que poderiam inibir soluções criativas, o diagrama é preenchido com perguntas provocativas que estimulam a criação em conjunto e a imaginação. Já Kay *et al.* (1999), aborda o pensamento sistêmico no contexto da dinâmica dos ecossistemas e sistemas humanos. São fornecidas narrativas na forma de cenários para representar ciclos causais morfogenéticos, de autocatálise e várias vias possíveis para o desenvolvimento, além de pequenos exemplos. É apresentada uma estrutura heurística para orientar o raciocínio, e são identificadas etapas reiterativas para sua aplicação.

### **Biomimética**

A inspiração na natureza já é investigada como estratégia para o desenvolvimento de cidades mais sustentáveis e inclusivas, equilibrando valores antropocêntricos e ecocêntricos, à exemplo das pesquisas de Randrup *et al.* (2020), Buck (2017) e Marin e De Meulder (2018).

O estudo de Albert *et al.* (2019) vai além da exploração teórica de como a pesquisa em planejamento e governança da paisagem pode contribuir para a identificação, projeto e implementação de soluções baseadas na natureza, usando o exemplo de desafios relacionados à água na paisagem do rio Lahn na Alemanha. Collado-Ruano (2015) identifica os eixos essenciais que constituem a interdependência dos ecossistemas para fazer uma aplicação biomimética nas estruturas sociais, políticas e educacionais dos sistemas humanos, com o objetivo de fortalecer as pontes simbióticas entre natureza e cultura através da análise de acordos internacionais sobre desenvolvimento sustentável. Já Xiang, Yang e Li (2020), trazem o conceito de regeneração urbana inclusiva, combinando soluções baseadas na natureza com soluções baseadas na sociedade.

### **Visão Sistêmica**

Vários estudos apresentam uma concepção holística que abraça a sustentabilidade financeira, social e ambiental através de lentes sistêmicas (NAVEH, 2000; LASZLO; LASZLO; DUNSKY, 2010; WOOD; BRUITZMAN, 2016). Naveh (2001), com base em uma visão dinâmica de sistemas que emerge das recentes mudanças de paradigma e percepções da complexidade, elabora 10 principais premissas que devem servir como base para a concepção holística de paisagens multifuncionais. Paranagama, Price e Khandokar (2010), apresentam métricas, modelos e kits de ferramentas para o desenvolvimento urbano sustentável, enquanto Erixon, Borgström e Andersson (2013) exploram uma série de oficinas pedagógicas e identificam três maneiras pelas quais a ciência da resiliência pode ser útil no planejamento e gerenciamento de grandes estruturas urbanas verdes.

Em abordagens mais práticas, Mckenzie (2004) explica como metodologias sistêmicas são implementadas e aplicadas em um estudo de caso na região sudeste do estado de Coahuila, México, enfocando problemas de um processo real de desenvolvimento sustentável e da compreensão do sistema em longo prazo sob uma percepção evolutiva. Já Kreiner, Passer e Wallbaum (2015), com base no sistema austríaco de certificação de edifícios ÖGNI / DGNB, aplicam uma abordagem sistêmica para a melhoria da sustentabilidade na construção, através do exemplo de um prédio de escritórios públicos em Graz, na Áustria.

## Discussão

Após a leitura dos artigos selecionados, dois diagramas holísticos chamaram especial atenção: o diagrama LENSES construído por Plaut *et al.* (2012) e o diagrama de relações entre processos do ecossistema criado por Pederzen Zari (2015). Ambos serão analisados em maior detalhe a seguir.

### Diagrama LENSES

O diagrama holístico LENSES (“Living Environments in Natural, Social, and Economic Systems”, ou Ambientes Vivos em Sistemas Naturais, Sociais e Econômicos) criado por Plaut *et al.* (2012) visa incorporar conceitos e métodos para lidar com a mudança nos sistemas sociais e econômicos, bem como os recursos naturais simultaneamente. Os autores reconhecem que os paradigmas e condições existentes na indústria da construção ditaram a viabilidade de determinadas soluções, e os métodos e ferramentas atuais de avaliação de edifícios verdes oferecem pouca eficiência na maneira de orientar as pessoas na criação, implementação e operação de projetos, já que seu foco é baseado no desempenho de um resultado ou produto final. Como alternativa, abordagens baseadas em processos de design integrativo, como a LENSES, concentram-se na dinâmica das interações humanas e na tomada de decisões.

O diagrama foi projetado para ser uma ferramenta de orientação que não apresenta soluções específicas predeterminadas, mas sim que auxilia as pessoas em um processo intencional de descoberta, podendo ser usada como um complemento para outras ferramentas de construção ecológicas e sistemas de certificação, oferecendo orientação contínua durante o projeto, construção e operação. O diagrama (Figura 3), é projetado para representar sistemas em que todas as partes são pensadas de forma conjunta. No total, existem três “lentes”: as fundações, os aspectos do local e os fluxos, em que cada uma é identificada por um anel externo de palavras e é mostrada em camadas. As lentes são projetadas para girar em um pivô central, o que incentiva os usuários a contemplar a interconectividade dos vários elementos.

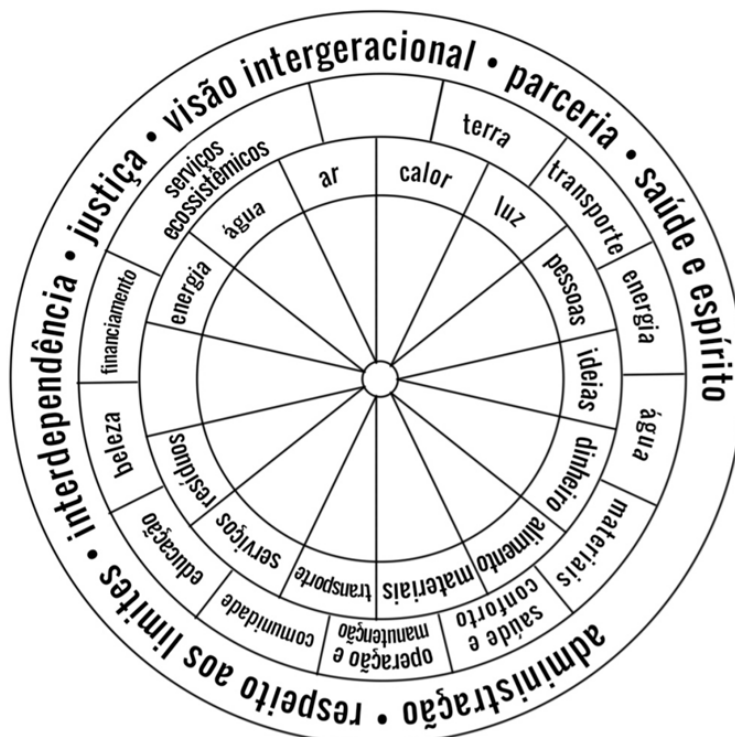


FIGURA 3 – O diagrama holístico LENSES

Fonte: Adaptado de Plaut *et al.* (2012)

A camada mais externa do diagrama representa a lente de fundamentos, que articula ideias e subtópicos comuns encontrados entre princípios norteadores do movimento da sustentabilidade e inclui: administração, respeito aos limites, interdependência, justiça, visão intergeracional, parceria, saúde e espírito. Em seguida é representada a lente de aspectos do local, que aborda questões críticas do ambiente construído e ajuda a definir os resultados do projeto com base em uma escala que varia de degenerativa a regenerativa. As categorias inseridas dentro dos aspectos do local foram selecionadas com base nos sistemas de classificação de edifícios verdes, e incluem: terra, transporte, energia, água, materiais, saúde e conforto, operações e manutenção, comunidade, educação, beleza, financiamento e serviços ecossistêmicos. O espaço em branco representa outras categorias potenciais que podem ser incluídas, permitindo que os usuários modifiquem e criem elementos que tenham uma importância específica no projeto.

Na camada mais interna do diagrama é apresentada a lente de fluxo. Embora um edifício ou conjunto de edifícios por si só não possa ser considerado um organismo vivo, os vários elementos que fluem por um local dão vida a esse ambiente. Portanto, o objetivo de um ambiente é perpetuar ciclos de renovação e regeneração em todos os seus fluxos, que são definidos como o movimento de qualquer elemento através de um local, como: energia, água, ar, calor, luz, pessoas, ideias, dinheiro, alimentos, materiais, transporte, serviços e resíduos. Embora existam tópicos semelhantes na lente de fluxos e na lente de aspectos do local, o contexto é diferente. O diagrama LENSES sugere mapear os fluxos e apresentá-los em um contexto visual que permita aos usuários ver padrões e relacionamentos que, de outra forma, seriam obscuros ou complexos. Quando a lente de fluxos é sobreposta conceitualmente na lente de fundamentos e de aspectos do local, pode-se ver a interdependência entre cada uma. Por exemplo, a energia não é categorizada apenas como uma questão ambiental e a educação como uma questão social. Pelo contrário, a transparência mostra que energia e educação têm considerações naturais, sociais e econômicas. Cada aspecto possui uma tabela associada ou um conjunto de instruções impressas com pontos focais e uma escala de cinco pontos que varia de degenerativo, sustentável a regenerativo. As equipes começam considerando as questões e soluções relevantes e a tabela é usada como um ponto de verificação, ajudando indivíduos e grupos a avaliar onde suas ideias se enquadram na escala regenerativa e orientar um “brainstorming” mais profundo de soluções.

O diagrama LENSES possui amplo potencial para ser usado em vários contextos diferentes. Seus desenvolvedores visualizam vários recursos e produtos adicionais emanados do diagrama, que inclui uma série de guias para usuários e facilitadores, um programa de treinamento, desenvolvimento de currículo para ensino fundamental, médio e superior, aplicativos baseados em software e um jogo de tabuleiro.

### **Diagrama de relações entre processos do ecossistema**

Pederzen Zari (2015) investigou diferentes entendimentos dos processos ecossistêmicos para determinar princípios gerais que são particularmente relevantes para a criação de soluções inspiradas na natureza em contextos urbanos. Uma lista, assim como um diagrama de relações foram elaborados para ilustrar esses processos ecossistêmicos que arquitetos ou engenheiros poderiam imitar no ambiente construído. A autora observa que a complexidade pode ser uma das maiores dificuldades de se vincular uma compreensão dos ecossistemas ao design. O que é proposto no seu estudo, portanto, não é explorar os detalhes mais refinados e os inúmeros modos de funcionamento dos ecossistemas, mas sim fornecer uma visão geral para os projetistas, para que possam ser mais facilmente incorporados ao projeto. A autora também afirma que embora

uma lista inicial de processos ecossistêmicos seja uma maneira simples de descrevê-los, falta a capacidade de ilustrar as relações entre cada processo. Isso, por sua vez, reduz a compreensão das informações pelo projetista, pois generalizações lineares simples de ecossistemas podem ser imprecisas, já que cada fenômeno tem múltiplas causas e efeitos interconectados.

A autora inicialmente reuniu listas de processos ecossistêmicos fornecidos por diferentes fontes e os dividiu em componentes individuais. O agrupamento de todos esses termos semelhantes em um grupo permitiu a análise de diferentes relacionamentos, e tornou-se aparente que cada componente estava relacionado a outros de maneiras diferentes. Por exemplo, alguns deles forneciam as condições que permitiam a existência de outros, e com isso chegou-se a conclusão que uma perspectiva hierárquica seria crucial para a compreensão da sua dinâmica complexa. A “hierarquia” neste contexto não significa que um processo de nível superior seja melhor ou mais importante, mas que engloba os outros abaixo dele em uma série de relações aninhadas e conectadas. O diagrama de relações entre processos do ecossistema (Figura 4) começou então a ser criado. Da perspectiva do design, um formato não linear é útil porque fornece uma visão geral de como cada processo, uma vez imitado, poderia se relacionar com outros de maneira inter-relacionada. A teoria da hierarquia enfatiza a importância das interações de baixo para cima e de cima para baixo como geradoras de mudança e estabilidade. Isso significa que elementos de níveis mais baixos influenciam aspectos de um nível mais alto e que níveis mais altos são compostos de aspectos de níveis mais baixos. São os relacionamentos ou caminhos de causalidade que a matriz de processos do ecossistema procura representar.

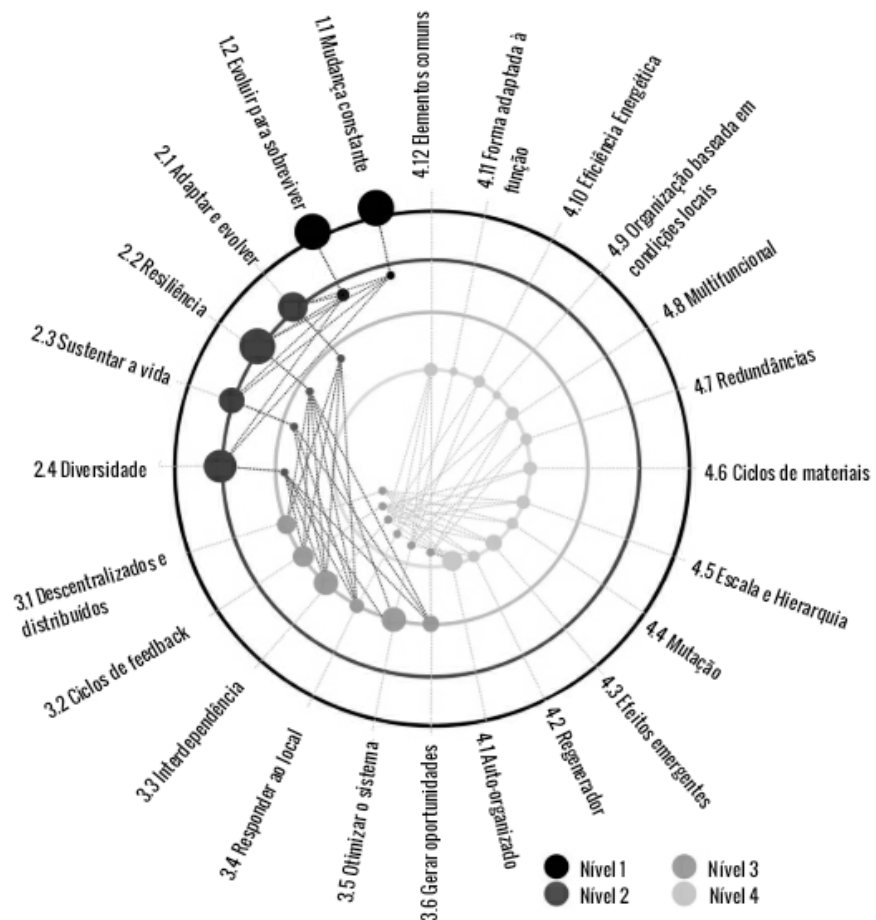


FIGURA 4 – O diagrama de relações entre processos do ecossistema

Fonte: Adaptado de Pederzen Zari (2015)

O diagrama de processos do ecossistema acima é composto de componentes em interação que são decompostos em hólons. Um hólón é uma entidade de um agrupamento que é um processo por si só e, ao mesmo tempo, parte de outros, o que significa que cada sistema de nível superior contém os sistemas do nível abaixo dele. Explicando esse conceito em um contexto arquitetônico, por exemplo: um sistema elétrico faz parte de uma sala e se conecta a outras salas. Uma série de salas compõe um prédio, um prédio pode fazer parte de um bairro, uma série de bairros compõe uma seção de uma cidade, que por sua vez compõem uma cidade inteira.

A parte mais difícil de conceber o diagrama, segundo a autora, foi determinar os limites entre cada nível. Isso foi feito a partir da determinação das interações de relacionamento (as linhas entre os processos na matriz): as linhas que conectam cada processo do ecossistema representam relacionamentos diretos. O que a matriz revela é que, mesmo que uma equipe de arquitetos decida se concentrar em uma parte específica do ecossistema, vários outros processos, se empregados, causam modificações ou repercussões em outros processos de nível inferior ou do mesmo nível, sendo impossível separar as partes da relação com o todo.

Dois parâmetros operacionais claros do ecossistema parecem existir e formam o nível superior da matriz. A primeira é que o contexto em que a vida existe está constantemente mudando (componente 1.1). A segunda é que as entidades vivas que compõem os ecossistemas geralmente trabalham para permanecerem vivas (componente 1.2). Essas condições levaram à evolução de um conjunto de estratégias para permitir a existência contínua de organismos dentro dos ecossistemas em um contexto dinâmico de mudança. Os dois elementos da matriz são consequências de condições de um segundo nível. Como ilustrado, foi determinado que essa camada consiste em quatro processos ecossistêmicos: adaptação e evolução dentro de limites em diferentes níveis e em diferentes taxas (componente 2.1), resiliência e persistência com o tempo, mesmo quando os componentes dentro deles mudam (componente 2.2), aumento da capacidade da biosfera de sustentar a vida (componente 2.3), e o funcionamento e os processos nos ecossistemas e nos organismos tenderem a ser diversos (componente 2.4). As implicações desses quatro processos principais se manifestam no nível três. Esse terceiro nível, por sua vez, é suportado por um quarto nível, que começa a se tornar muito mais específico em termos de possíveis estratégias de design.

O terceiro nível revela o fato de os ecossistemas serem descentralizados e distribuídos (componente 3.1), funcionarem através do uso de ciclos de feedback complexos e cascatas de informações (componente 3.2), operarem em uma estrutura interdependente (componente 3.3), responderem e dependerem das condições locais (componente 3.4), otimizarem sistemas inteiros, em vez de partes (componente 3.5) e gerarem oportunidades para sustentar a vida (componente 3.6). Examinar um nível adicional de detalhes (a quarta camada de processos do ecossistema) revela outros processos mais específicos do ecossistema a imitar: a capacidade de auto-organização (componente 4.1), de regeneração (componente 4.2), de existir efeitos emergentes (4.3), de mutação (4.4), de escala e hierarquia (4.5), de ciclos de materiais (4.6), de redundâncias (4.7), de multifuncionalidade (4.8), de organização baseada em condições locais (4.9), de uso eficiente de energia (4.10), de subordinação da forma à função (4.11) e de existência de elementos em comum (4.12).

A autora sugere que a biomimética dos processos ecossistêmicos pode fornecer uma estrutura clara e lógica para aplicar as tecnologias existentes ou estratégias de projeto a uma abordagem mais holística para aumentar a sustentabilidade do ambiente construído. Além do diagrama, a autora elabora uma tabela que lista os processos ecossistêmicos e sugere como eles podem ser interpretados em um contexto

arquitetônico. O mapeamento das relações entre cada parte do processo permite que designers ou engenheiros, muitos dos quais pensam visual e espacialmente, tenham a capacidade de entender relações complexas e incorporem em seus projetos uma série de processos simbióticos.

## Considerações Finais

A revisão de literatura permitiu reunir diferentes teorias que ancoram o processo de concepção de um diagrama holístico para avaliação de sustentabilidade na arquitetura e urbanismo, além de oferecer um entendimento sobre o estado da arte do tema. Os dois diagramas apresentados retratam algumas tentativas bem desenvolvidas de concepção um método sistêmico para a arquitetura.

É importante salientar a grande dificuldade ocorrida para a obtenção de artigos sobre qualquer um dos assuntos abordados no Brasil ou até mesmo na América Latina. Entende-se que isso pode ter ocorrido por três motivos principais: a primeira hipótese abrange o fato do idioma escolhido para as publicações ter sido o inglês. Apesar de não ter sido imposto nenhuma delimitação geográfica para os estudos, sabe-se que muitos pesquisadores brasileiros e latinos não possuem domínio dessa segunda língua. A segunda hipótese é que as palavras-chave não foram bem escolhidas, e apesar de existirem estudos sobre os assuntos, eles não foram abraçados na busca. A terceira hipótese é que realmente não exista uma quantidade relevante de pesquisas sobre esses assuntos no contexto brasileiro e latino. Nesse caso, é evidente a necessidade de se desenvolver um estudo integrativo que se adeque a esse cenário.

Conclui-se que ao se reformular o desempenho da arquitetura e urbanismo dentro do conceito de projeto regenerativo, é necessário entender e reconciliar uma série de questões, incluindo a relação entre o pensamento sistêmico e as abordagens redutivas, a relação entre o desempenho de edifícios individuais e o contexto maior em que estão localizados, e a relação entre abordagens específicas do local e sistemas globalizados. Além disso, embora a intenção aqui seja de entender como conceber um diagrama que auxilie no processo de projeto através de um olhar sistêmico e que reconheça as relações simbióticas que permeiam uma arquitetura viva, compreende-se que a mudança mais significativa e necessária talvez seja uma mudança na visão de mundo, saindo de uma perspectiva de separação e dominação sobre a natureza, para uma que considere a humanidade como parte integrante e interdependente dos sistemas naturais.

O desenvolvimento de estruturas e ferramentas gráficas que estimulem soluções integrativas é uma prioridade para os profissionais de arquitetura que desejem compreender o pensamento do design regenerativo. Embora várias abordagens de construção ecológica e desenvolvimento sustentável tenham demonstrado que os ambientes construídos podem diminuir seus impactos negativos nas comunidades e na natureza, o conceito subjacente de ambientes “vivos” oferece maior potencial para a regeneração dos sistemas ambientais, sociais e econômicos do mundo. O desenvolvimento de estruturas explicativas visuais que possam ilustrar as relações entre padrões e processos pode se tornar uma poderosa ferramenta para estabelecer conexões entre os elementos de um sistema, oferecendo informações adicionais sobre como o arquiteto pode se basear nos processos ecossistêmicos para se chegar em soluções que sejam verdadeiramente tão ricas e eficientes quanto aquelas encontradas na natureza.

## Referências

- ALBERT, Christian et al. Addressing societal challenges through nature-based solutions: How can landscape planning and governance research contribute? **Landscape and Urban Planning**, September 2017, p. 12–21, 2019.
- BUCK, Nick Taylor. The art of imitating life: The potential contribution of biomimicry in shaping the future of our cities. **Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science**, v. 44, n. 1, p. 120–140, 2017.
- COLE, Raymond. Transitioning from green to regenerative design. **Building Research and Information**, v. 40, n. 1, p. 39–53, 2012a.
- COLE, Raymond et al. A regenerative design framework: Setting new aspirations and initiating new discussions. **Building Research and Information**, v. 40, n. 1, p. 95–111, 2012b.
- COLE, Raymond; OLIVER, Amy; ROBINSON, John. Regenerative design, socio-ecological systems and co-evolution. **Building Research and Information**, v. 41, n. 2, p. 237–247, 2013.
- COLLADO-RUANO, Javier. Biomimicry: a Necessary Eco-Ethical Dimension for a Future Human Sustainability. **Future Human Image**, n. 5, p. 23–57, 2015.
- ERIXON, Hanna; BORGSTRÖM, Sara; ANDERSSON, Erik. Challenging dichotomies - exploring resilience as an integrative and operative conceptual framework for large-scale urban green structures. **Planning Theory and Practice**, v. 14, n. 3, p. 349–372, 2013.
- HIERONYMI, Andreas. Understanding systems science: A visual and integrative approach. **Systems Research and Behavioral Science**, v. 30, n. 5, p. 580–595, 2013.
- KAY, James et al. An ecosystem approach for sustainability: Addressing the challenge of complexity. **Futures**, v. 31, n. 7, p. 721–742, 1999.
- KREINER, Helmut; PASSER, Alexander; WALLBAUM, Holger. A new systemic approach to improve the sustainability performance of office buildings in the early design stage. **Energy and Buildings**, v. 109, p. 385–396, 2015.
- LASZLO, Alexander; LASZLO, Kathia Castro; DUNSKY, Halim. Redefining success: Designing systemic sustainable strategies. **Systems Research and Behavioral Science**, v. 27, n. 1, p. 3–21, 2010.
- MARIN, Julie; DE MEULDER, Bruno. Urban landscape design exercises in urban metabolism: Reconnecting with central limburg's regenerative resource landscape. **Journal of Landscape Architecture**, v. 13, n. 1, p. 36–49, 2018.
- MCKENZIE, Stephen. Systemic Methodologies in Regional Sustainable Development. **Hawke Research Institute Working Paper Series**, v. 694, n. 27, p. 1–31, 2004.
- NAVEH, Zev. What is holistic landscape ecology? A conceptual introduction. **Landscape and Urban Planning**, v. 50, n. 1–3, p. 7–26, 2000.
- NAVEH, Zev. Ten major premises for a holistic conception of multifunctional landscapes. **Landscape and Urban Planning**, v. 57, n. 3–4, p. 269–284, 2001.
- PARANAGAMAGE, Primali; PRICE, Andrew; KHANDOKAR, Fahmida. Briefing: Holistic assessment of sustainable urban development. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Urban Design and Planning**, v. 163, n. 3, p. 101–104, 2010.
- PATTEN, Duncan. The role of ecological wisdom in managing for sustainable



interdependent urban and natural ecosystems. **Landscape and Urban Planning**, v. 155, p. 3–10, 2016.

PEDERSEN ZARI, Maibritt. Ecosystem processes for biomimetic architectural and urban design. *Architectural Science Review*, v. 58, n. 2, p. 106–119, 2015.

PEDERSEN ZARI, Maibritt. Ecosystem services analysis for the design of regenerative built environments. **Building Research and Information**, v. 40, n. 1, p. 54–64, 2012.

PLAUT, Josette et al. Regenerative design: The LENSES Framework for buildings and communities. **Building Research and Information**, v. 40, n. 1, p. 112–122, 2012.

RANDRUP, Thomas et al. Moving beyond the nature-based solutions discourse: introducing nature-based thinking. **Urban Ecosystems**, 2020.

RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, David et al. Urban self-sufficiency through optimised ecosystem service demand: A utopian perspective from European cities. **Futures**, v. 70, p. 13–23, 2015.

TAHERI, Roya. Urban Area as a Part of an Ecosystem. **Energy and Buildings**, v. 16, p. 129–132, 1990.

WOOD, Robin Lincoln; BRUITZMAN, Gerard. A thriveability scenario: Toward thriving, integrative human beings in a thriving, integrative, global world. **Journal of Futures Studies**, v. 20, n. 3, p. 55–78, 2016.

XIANG, Pengcheng; YANG, Yuanyuan; LI, Zongyu. Theoretical Framework of Inclusive Urban Regeneration Combining Nature-Based Solutions with Society-Based Solutions. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 146, n. 2, p. 1–11, 2020.

#### RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL E DIREITOS AUTORAIS

A responsabilidade da correção normativa e gramatical do texto é de inteira responsabilidade do autor. As opiniões pessoais emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade, tendo cabido aos pareceristas julgar o mérito das temáticas abordadas. Todos os artigos possuem imagens cujos direitos de publicidade e veiculação estão sob responsabilidade de gerência do autor, salvaguardado o direito de veiculação de imagens públicas com mais de 70 anos de divulgação, isentas de reivindicação de direitos de acordo com art. 44 da Lei do Direito Autoral/1998: “O prazo de proteção aos direitos patrimoniais sobre obras audiovisuais e fotográficas será de setenta anos, a contar de 1º de janeiro do ano subsequente ao de sua divulgação”.

O **CADERNOS PROARQ (issn 2675-0392)** é um periódico científico sem fins lucrativos que tem o objetivo de contribuir com a construção do conhecimento nas áreas de Arquitetura e Urbanismo e afins, constituindo-se uma fonte de pesquisa acadêmica. Por não serem vendidos e permanecerem disponíveis de forma **online** a todos os pesquisadores interessados, os artigos devem ser sempre referenciados adequadamente, de modo a não infringir com a Lei de Direitos Autorais.

**Submetido em: 07/09/2020**

**Aceito em: 14/10/2020**