

Cibernética: metodologia para o processo de projeto responsável

Cybernetics: methodology for the responsible design process

Mariah Guimarães Di Stasi, Bolsista CAPES, Mestranda, Instituto de Arquitetura e Urbanismo | USP

mariahg@usp.br

Anja Pratschke, Doutora, Instituto de Arquitetura e Urbanismo | USP

pratschke@sc.usp.br

Resumo

O presente artigo tem por objetivo expor uma revisão bibliográfica acerca de estudos cibernéticos e ecossistêmicos que possam indicar questões metodológicas para o processo de projeto arquitetônico. O artigo estrutura-se em três partes, sendo, primeiramente, elucidada a consolidação da cibernética como uma área de estudos, suas definições e conceitos bem como a relevância de seu uso para o processo de projeto; seguida da influência existente na natureza para a construção de modelos ecossistêmicos; e as possíveis ocorrências no processo de projeto frente às características cibernéticas e ecossistêmicas. O artigo reflete parte das bases de dados explorados em dissertação de mestrado em andamento, pós-qualificação. A originalidade do artigo encontra-se na demonstração da relação entre cibernética e modelos ecossistêmicos, bem como entre a cibernética e os processos de projeto, presentes na literatura, possibilitando maior entendimento de organizações em rede, podendo respaldar o gerenciamento do processo de projeto apresentando-se com potencialidades sustentáveis.

Palavras-chave: Cibernética; Processo de projeto; Modelos ecossistêmicos.

Abstract

This paper aims to present a bibliographical review about cybernetic and ecosystemic studies that may indicate methodological issues for the architectural design process. It is structured in three parts, firstly, it is explained the consolidation of cybernetics as an area of study is, its definitions and concepts as well as the relevance of its use for the design process; followed by the influence in nature for the construction of ecosystem models; and the possible occurrences in the design process against the cybernetic and ecosystemic characteristics. The paper reflects part of the databases explored in a master dissertation in progress, post-qualification. Its originality lies in

the demonstration of the relationship between cybernetics and ecosystem models, as well as the cybernetics and the design processes, present in the literature, allowing greater understanding of network organizations, being able to support the management of the design process with sustainable potentialities.

Keywords: *Cybernetics; Design process; Ecosystem models.*

1. Cibernética: conceito e relevância para o processo de projeto arquitetônico

A Cibernética teve o seu auge entre os países da Europa, principalmente Inglaterra, e Estados Unidos. A American Society for Cybernetics (ASC - Sociedade Americana para Ciberneticistas) foi uma forte instituição criada para tornar a área mais difundida, organizando as ideias e materiais de cientistas a respeito do tema. Em 1992 a ASC declara que:

A cibernética é uma maneira de pensar, não uma coleção de fatos. Pensar envolve conceitos: formando-os e relacionando uns com os outros. Alguns dos conceitos que caracterizam a cibernética têm sido, durante muito tempo, implícitos ou explícitos. A autorregulação e o controle, a autonomia e a comunicação, por exemplo, certamente não são novas em linguagem comum, mas não se configuram como termos centrais em qualquer ciência (von GLASERSFELD, 1992. p.1. Tradução das autoras).

A consolidação da Cibernética como uma área que centraliza a observação de processos que podem ser transferidos para demais ciências, tornou-a uma disciplina que permeia várias outras:

A cibernética, portanto, é metadisciplinar (que é diferente de interdisciplinar), na medida em que destila e esclarece noções e padrões conceituais que abrem novos caminhos de entendimento em muitas áreas de conhecimento (von GLASERSFELD, 1992. p.2. Tradução das autoras).

Aprofundando o significado da palavra *Cibernética*, esta foi usada para descrever o ponto de vista que os autores compreendiam da mesma. A descrição é encontrada em definições do ciberneticista Anthony Stafford Beer, que retrata o significado da palavra grega *Kubernetes* (governador):

No mar, os longos navios lutaram com chuva, vento e marés - assuntos de nenhum modo previsíveis. No entanto, se o homem que manobra o leme mantém seus olhos em um farol distante, ele pode manipular o timão, ajustando-o continuamente, em tempo real, em direção à luz. Esta é a função do timoneiro do navio (BEER, 2002. p.213. Tradução das autoras).

O sentido da palavra esclarece os objetivos da própria área, na qual se observa o desenvolvimento dos processos e a forma como se organizam e se estabelecem as comunicações entre os diferentes agentes e componentes participantes do processo.

A cibernética teve o seu surgimento a partir da década de 1940, e se consolidou nos anos que se seguiram. A Cibernética se estrutura em dois períodos importantes, sendo que a Primeira Ordem Cibernética compreende os períodos entre 1940 e 1970; já a Segunda Ordem Cibernética os períodos entre 1970 e 1990. Um biólogo e ciberneticista chileno chamado Francisco Varela definiu as duas ordens como: “Cibernética de Primeira Ordem: A Cibernética dos sistemas observados” (VARELA, 1984. p. xviii. Tradução das autoras), e “Cibernética de Segunda Ordem: A Cibernética de sistemas de observação” (VARELA, 1984. p. xviii. Tradução das autoras).

Foram várias as definições dadas sobre a Cibernética, por ser uma área que abarca tantas outras, vários autores a deliberaram sob o seu próprio ponto de vista. Dentre elas, a seguir encontram-se algumas destas que foram selecionadas para dar um escopo dos diversos entendimentos (Figura 01):



Figura 01 – Definições sobre a Cibernética por diversos autores, desde o início de seu delineamento até a atualidade. Fonte: Seleção da ASC – American Society for Cybernetics. Imagem desenhada e traduzida pelas autoras.

Dentre as definições que estruturam a Cibernética em toda a transdisciplinaridade que esta permite, foram consideradas para o andamento da pesquisa as elucidações dos autores como William Ross Ashby, Ludwig von Bertalanffy, Francisco Varela e Anthony Stafford Beer. As definições desses autores foram relevantes para a correlação entre: a Cibernética, Ecologia de Ecossistemas e processo de projeto.

A Cibernética foi primeiramente delineada pelo ciberneticista e matemático Norbert Wiener, no entanto, outro ciberneticista da Primeira Ordem Cibernética, chamado William Ross Ashby, foi muito importante na fase inicial, considerado por Javier Livas Cantú (2013) como aquele que estabeleceu a Cibernética como uma ciência formal. O período da Primeira Ordem foi quando foram estabelecidas as definições dos conceitos e as propostas de organização dos processos. Assim sendo, Ashby, influenciou áreas como Psicologia, Medicina, Sociologia, Biologia, Matemática e Informática (CANTÚ, 2013), e posteriormente a área de Filosofia, incutida por Ashby na Segunda Ordem Cibernética. Para Ashby, a área poderia ser definida de forma que: "A cibernética trata, não das coisas, mas maneiras de se comportar. Não pergunta: 'O que é isso?', Mas 'o que ele faz?' ... É, portanto, essencialmente funcional e comportamental ... A materialidade é irrelevante, e também a exploração ou não da lei comum da física" (ASHBY, 1956. p. 1).

Outro ciberneticista que também influenciou a Segunda Ordem foi Anthony Stafford Beer, que além de desenvolver pontos ligados a formas de governança coletiva, atuou em governos e empresas, de maneira a tornar o campo da Cibernética mais presente em diversos segmentos da sociedade (CANTÚ, 2013). Para Beer, a cibernética representava "a ciência da organização eficaz" (BEER, 1985. p. ix).

Sua procura por processos que trouxessem o equilíbrio para os resultados foram buscados na natureza e na construção de suas organizações. Isso se torna bastante claro nas pesquisas de alguns ciberneticistas que influenciaram a forma de estruturar a rede de comunicações, tal como aquelas encontradas nos sistemas naturais. Sendo assim:

O lugar para buscar inspiração, de acordo com Beer, foi novamente a natureza, mas agora a natureza como fonte de inspiração no design de organizações viáveis, em vez da natureza como fonte imediata de materiais adaptativos. A ideia de Beer era ler os organismos biológicos como exemplar da estrutura dos sistemas viáveis em geral e transplantar as principais características de sua organização para a estrutura da empresa. Em particular, ele escolheu o sistema nervoso humano como seu modelo. [...] então, a estratégia de Beer era transplantar o orgânico para o social, [...] os fluxos de informação e o processamento seriam apresentados como um diagrama dos fluxos e transformações corporais humanos (PICKERING, 2010. p. 244. Tradução das autoras).

Dessa forma, o sistema de organização e comunicação empresarial de Beer se assemelha de maneira muito próxima às estruturas corporais, ou seja, a escala humana como exemplo dos sistemas naturais.

Tanto a Cibernética como a Ecologia de Ecossistemas buscavam maneiras de encontrar uma estabilidade para as situações por meio de teorias comuns, se tornando evidente a interligação entre ambas as áreas. Torna-se mais perceptível quando o biólogo James Ephraim Lovelock utiliza-se de conceitos cibernéticos para definir processos ecológicos como a homeostase, se apropriando do significado da palavra *kubernetes* para definir a forma adaptativa de um piloto automático de navio:

[...] se grandes tempestades ou rochas aparecem à frente, o navio poderá precisar desviar-se para um curso diferente. Quando isso é ajustado, o piloto automático rapidamente muda o sentido de movimento do navio para um novo movimento estável, e a homeostase é retomada (LOVELOCK, 2006. p. 141).

Os estudos de Beer e a tentativa de mimeses em relação aos comportamentos naturais permeiam diversas escalas, desde o sistema nervoso, como comentado anteriormente, até ecossistemas inteiros:

Em 1959, Stafford Beer publicou um livro imaginando uma fábrica automatizada controlada por um computador biológico - talvez uma colônia de insetos ou talvez um ecossistema complexo, como uma lagoa (PICKERING, 2010. p. 2. Tradução das autoras).

Para Beer, as escalas, desde a colônia de insetos e relações internas, até um sistema mais complexo como um lago são exemplos coerentes para seus estudos organizacionais e de comunicação para a formulação de seus processos empresariais desenvolvidos na década de 1960 e 1970.

Ao estudar os processos ecossistêmicos e a forma de comunicação entre os agentes que o compõem:

Este é, então, o sentido em que Beer pensou que os ecossistemas são mais inteligentes do que nós - não em suas habilidades cognitivas de representação, que se poderia pensar que são inexistentes, mas na sua habilidade performativa para resolver problemas que excedem nossas habilidades cognitivas (PICKERING, 2010. p. 237. Tradução das autoras).

Para Beer, a forma como um ecossistema se adapta frente aos distúrbios representou outra maneira de estruturar a organização e comunicação de um processo, permitindo que as qualidades performáticas ecossistêmicas estejam presentes.

2. Ecologia de Ecossistemas: conceito e relevância para o processo de projeto arquitetônico

O interesse pela Ecologia e suas interações existe desde o início da humanidade (ODUM e BARRET, 2008. p. 2), no entanto, começa a se tornar reconhecido como uma ciência a partir do século XVIII (ODUM e BARRET, 2008. p. 3).

Entre os anos de 1968 e 1970 foram tiradas as primeiras fotos do planeta Terra devido às pesquisas espaciais e, dessa forma, a humanidade começou a ter consciência da fragilidade do planeta, fato que adicionado ao problema da crise de petróleo nesse mesmo período, trouxe uma maior foco para a área de ecologia (ODUM e BARRET, 2008. p. 4). A Ecologia é uma disciplina que faz parte da Biologia, no entanto, formula a composição de seus estudos de outra maneira, “ligando os processos físicos e biológicos, formando uma ponte entre ciências naturais e sociais” (ODUM e BARRET, 2008. p. 4). A sua relevância consiste na possibilidade de se entender a afinidade entre meio ambiente e os organismos, as adaptações destes aos estímulos externos, o que nos possibilita assimilar com maior sucesso as questões do ambiente ao qual pertencemos.

A palavra *Ecologia* deriva das palavras gregas *oikos* (casa) e *logos* (estudo), ou seja: “[...] o estudo da casa ambiental inclui todos os organismos dentro dela e todos os processos funcionais que tornam a casa habitável” (ODUM e BARRET, 2008. p. 2). Já a

palavra ecossistema surge por meio do desenvolvimento da Teoria Geral de Sistemas de Ludwig von Bertalanffy, que define a ecologia como um sistema (ODUM e BARRET, 2008. p. 19).

O funcionamento de um ecossistema é definido por Odum e Barret, no livro *Fundamentos de Ecologia* como:

Um sistema ecológico ou ecossistema é qualquer unidade que inclui todos os organismos (a comunidade biótica) em uma dada área interagindo com o ambiente físico de modo que um fluxo de energia leve a estruturas bióticas claramente definidas e à ciclagem de materiais entre componentes vivos e não vivos. [...] É uma unidade de sistema funcional, com entradas e saídas, e fronteiras que podem ser tanto naturais como arbitrárias (ODUM e BARRET, 2008. p. 18).

Entendemos, portanto, que um ecossistema é considerado uma unidade aberta funcional, com entrada de energia usualmente proveniente do sol e de matéria, que cicla entre os compartimentos, bem como saída de calor e energia calórica (ou seja, energia solar transformada) e de matéria (ODUM e BARRET, 2008, p. 18).

O modelo desenvolvido pelos autores define em poucas palavras que: *ECOSSISTEMA = AMBIENTE DE ENTRADA + SISTEMA + AMBIENTE DE SAÍDA* (ODUM e BARRET, 2008, p. 21). Com essa conformação, é possível compreender a estrutura simplificada de um ecossistema, considerando-o como uma caixa preta, ou seja, sem especificar o conteúdo interno do mesmo. Se olharmos para dentro da caixa preta, é presumível desvendar três elementos básicos que interagem entre si, sendo estes a comunidade biótica, o fluxo de energia e ciclagem de matéria (ODUM e BARRET, 2008, p. 20).

O entendimento desses fatores que compõe um ecossistema e a relação das ações do homem frente a esses aspectos se torna imperativo à mudança no comportamento humano para não interferir de maneira constante, desequilibrando o meio em que vivemos (AGOPYAN, 2011. p. 5). Com as questões de 1970 já citadas anteriormente, se tornou necessária a conscientização da população para as questões relacionadas à poluição e outros problemas ambientais. Atualmente, vive-se com alto conforto, com tecnologias avançadas que suprem esses índices, como, por exemplo, ambientes automatizados com controle de qualidade de temperatura e ar, possibilitado pelo maior acesso da população devido ao alto poder aquisitivo (AGOPYAN, 2011. p. 19). Dessa forma surge a questão da coerência ou não de manipularmos de maneira constante o meio para promover esse conforto. É possível observar que nos últimos 250 anos houve um crescimento exponencial da população humana devido às facilidades em se conquistar bens de consumo e utilizar os recursos naturais (AGOPYAN, 2011. p. 19).

A apreensão pelo consumo dos meios naturais ocorre de maneira oscilante ao longo dos anos, se tornando mais presente com o lançamento do livro *Design with climate* do autor Victor Olgyay em 1961, afirmando o conceito de Arquitetura Bioclimática (AGOPYAN, 2011. p. 28). A partir desse momento, a área da Arquitetura começou a se envolver no processo de construção de diretrizes para amenizar os efeitos causados pelo homem e por consequência conceitos como sustentabilidade começaram a surgir (AGOPYAN, 2011. p. 28).

Atualmente, surge novamente essa preocupação, pelo fato de haver grande consumo para atender a conformação populacional atual (AGOPYAN, 2011. p. 19). A evasão

persistente dos bens naturais ocasiona um desequilíbrio nos ecossistemas, acarretando disfunções nas redes que conectam os organismos e seu meio abiótico (AGOPYAN, 2011. p. 19-20).

O termo sustentabilidade foi definido pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente em 1987 como aquela que “satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as próprias necessidades” (AGOPYAN, 2011. p. 29). Assim, a sustentabilidade, se estrutura em três pilares alusivos à busca pelo equilíbrio nos âmbitos ecológicos, econômicos e sociais (AGOPYAN, 2011. p. 20).

3. O processo de projeto arquitetônico responsável sob o ponto de vista cibernético

O processo de projeto arquitetônico vem sendo alterado e vem adquirindo outras conformações, de maneira a respeitar os três pilares que estruturam o conceito de sustentabilidade, engendrando assim uma arquitetura responsável.

A aproximação das questões ecossistêmicas para o processo de projeto vem ocorrendo contínua e lentamente, e trazendo o assunto para a atualidade. Encontramo-nos em situação favorável para repensar a estrutura organizacional do processo arquitetônico de forma a buscar o equilíbrio e incentivo na natureza, de maneira sucessiva iniciado pela inspiração das formas, e mais atualmente em seus processos de formação. Essa relação é vista por Hugh Dubberly como:

A prática de projeto emergente é amplamente baseada em informações - inundada nas tecnologias de processamento de informações e redes. Cada vez mais, o projeto compartilha com a biologia um foco no fluxo de informações, em redes de atores que operam em vários níveis e trocam a informação necessária para equilibrar comunidades de sistemas (DUBBERLY, 2008. p. 1-2. Tradução das autoras).

Para Dubberly, a correspondência entre o processo de projeto arquitetônico e os conceitos ecológicos vem ocorrendo ao longo da transformação da consciência adquirida a partir dos conhecimentos que integram as duas áreas. O autor compreende o processo orgânico com princípios de organização distintos do processo mecânico e com atribuições específicas inerentes aos mesmos, como pode ser observado na tabela a seguir (Figura 02).

Como nota-se, nas atribuições Darwin (Figura 02), biólogo que mudou a forma de pensar sobre as questões de adaptação dos organismos, é citado como autor de paradigma do sistema orgânico. As conjecturas de Darwin influenciaram a pesquisa de Ashby, que abordou os conceitos do autor na formulação de suas propostas. Essa aproximação se torna clara quando Ashby escreve em seu jornal: “Tendo decidido (o céu me perdoe, mas é minha convicção) seguir os passos de Darwin” (ASHBY, 1945. p. 1956. Tradução das autoras).

A atribuição de metáfora (Figura 02) diferencia a construção dos processos, sendo estes representados pelos mecanismos de um relógio e por um sistema ecológico, sendo que o primeiro reflete a simplicidade e o segundo a complexidade (DUBBERLY, 2008. p. 3). As peculiaridades quanto ao tipo de controle dos dois períodos também se apresentam de forma diversa entre si, no qual o primeiro mostra-se de cima para baixo, em uma hierarquia

convencional em forma de pirâmide, e no segundo, o sistema orgânico, configura-se de baixo para cima (DUBBERLY, 2008. p. 3). A responsabilidade no sistema mecânico conforma-se menos fluida que no sistema orgânico, posto que este facilita o processo integrado (DUBBERLY, 2008. p. 3). Finalizando, as principais características dos princípios de organização de Dubberly (2008. p. 3) apontam o sistema orgânico como algo em constante evolução, passando por adaptações, como um ecossistema.

Princípios de organização		
	Objeto mecânico	Sistema orgânico
Era econômica	Idade Industrial	Idade Informacional
Autor de paradigma	Newton	Darwin
Metáfora	Mecanismo de relógio	Ecologias
Valores	Procura simplicidade	Abraça a complexidade
Controle	De cima para baixo	De baixo para cima
Desenvolvimento	De fora	De dentro
	Feito com montagem externa	Crescimento auto organizado
Projetista como	Autor	Facilitador
Papel do projetista	Decisor	Acordo de construção
Cliente como	Proprietário	Administrador
Relacionamento	Solicitação de proposta	Conversação
Condição de parada	Quase perfeito	Bom o suficiente para o momento
Resultado	Mais determinista	Menos previsível
Estado final	Completo	Adaptando ou evoluindo
Andamento	Edições	Atualização contínua

Figura 02 – Princípios de organização de sistemas mecânicos e orgânicos. Fonte: DUBBERLY, 2008. p. 3. Imagem redesenhada e traduzida pelas autoras.

Dubberly entende um processo de projeto, que reflete as características orgânicas ecossistêmicas, representado por questões sustentáveis, da seguinte forma:

O projeto sustentável está emergindo como uma questão de preocupação intensa para os projetistas, os fabricantes e o público. O mesmo tipo de pensamento de sistemas exigido para o software e o projeto de serviço também é necessário para o projeto sustentável. Isso proporciona um maior ímpeto para mudar nossa abordagem de educação de projeto (DUBBERLY, 2008. p. 7. Tradução das autoras).

A aproximação das questões de Cibernética aos processos de projeto ocorre em 1969, quando Andrew Gordon Speedie Pask publicou *The Architectural Relevance of Cybernetics*, obra em que associa as questões entre as duas áreas, demonstrando de forma clara como a Cibernética pode conduzir o processo de projeto arquitetônico, já que ambas compõem-se de uma relação íntima por meio de filosofias comuns para encontrar um processo operacional, em que:

[...] os arquitetos são, antes de tudo, designers de sistemas que foram forçados, nos últimos 100 anos, a ter um interesse crescente pelas propriedades do sistema organizacional (ou seja, não tangíveis) de desenvolvimento, comunicação e controle (PASK, 1969. p. 494. Tradução das autoras).

À medida que distintos pontos foram surgindo nos processos de projeto, Pask (1969. p. 494) ressaltou que a “pura” arquitetura, como este a chamou, e as regras estabelecidas por esta tendência arquitetônica do século XIX não complementavam a solução para as questões que surgiam. Para tanto, houve um aperfeiçoamento por parte de alguns arquitetos ao avançarem em projetos de sistemas e ao incluírem “[...] as necessidades dos edifícios como parte de um ecossistema de uma sociedade humana” (PASK, 1969. p.494). Tradução

das autoras). O artigo de Pask (1969) se tornou relevante para o entendimento do processo de projeto arquitetônico, posto que para ele, não havia teoria para essa arquitetura, e, para tanto, Pask (1969. p. 494) defendeu a ruptura do paradigma de forma a se elaborar outro processo organizacional que refletisse as características cibernéticas. Pask (1969. p. 494) apresentou o início de uma teoria que visava elucidar as insuficiências das metodologias resultantes da primeira fase de industrialização e as regras da ‘pura’ arquitetura.

Dessa forma, Pask (1969. p. 496) defende entre os seus ideais a proposta de ‘máquina de viver’ como um diferente modo de vida, trazendo outras questões aprofundadas, não existentes nas propostas dos modernistas. A funcionalidade, para Pask, deveria atingir as necessidades do usuário de forma efetiva: “O ponto alto do funcionalismo é o conceito de uma casa como uma ‘máquina para viver’. Mas a predisposição é em direção a uma máquina que atua como uma ferramenta que serve o habitante” (PASK, 1969. p. 496. Tradução das autoras).

4. Conclusões

O objetivo principal da área de conhecimento da Cibernética é focado na observação dos processos, de forma a entender o sistema de organização e comunicação que ocorre em seu desenvolvimento. Esse ponto de vista é um importante meio para se entender como coordenar e gerenciar os processos de projeto arquitetônicos. É possível observar a permeabilidade que os conceitos cibernéticos possuem para transitarem entre as diversas áreas, no qual é possível observar a transição de conceitos ecossistêmicos para o desenvolvimento das propostas cibernéticas, bem como é possível observar que o inverso também ocorre.

Essa flexibilidade permite a transmutação da estrutura para diversos campos, podendo ser este o processo de projeto arquitetônico, que inclui a observação da interação e comunicação dos elementos e agentes que o compõem.

Enquanto Beer, ciberneticista, inspirou-se na estrutura existente na natureza, desde o sistema nervoso até sistemas complexos, como exemplos para suas próprias disposições, resgatando a *performance* adaptativa existente na natureza como um meio de solução de problemas ao longo do desenvolvimento, Lovelock, biólogo, resgatou a definição de Beer para descrever os processos naturais de resiliência de um sistema.

Já Dubberly resgata as questões de sustentabilidade e a essência natural que um sistema orgânico apresenta, podendo ser transferido para a organização de um processo de projeto arquitetônico. Dubberly reviu as propostas de Darwin e suas rupturas de paradigmas como uma nova metáfora para amplificar o processo de projeto como algo natural. As propostas de Darwin também foram estudadas pelo ciberneticista Ashby e levadas em conta no desenvolvimento de seu trabalho, fazendo parte de suas convicções inclusive intrínsecas ao seu modo de viver.

Por fim, Pask salienta a necessidade de quebrarmos a metodologia anterior, proveniente do primeiro período industrial e do modernismo a fim de reformular o processo de projeto com um novo modo de vida, através de sua ‘máquina ideal’. Sua proposta é interligar a

Cibernética aos métodos arquitetônicos para promover outra maneira de estruturar o processo de projeto de forma a solucionar as questões arquitetônicas, fato que para ele não ocorria nos procedimentos anteriores.

Há referências que demonstram a inter-relação entre a área de Cibernética, Ecologia de Ecossistemas e processo de projeto. A Cibernética pode apresentar-se como outra forma de observação do processo de projeto, mostrando possíveis ferramentas para que o processo ocorra de forma mais apropriada garantindo uma arquitetura responsável, e, portanto, sustentável por meio dos três pilares que a amparam, o equilíbrio nos âmbitos econômico, social e ambiental.

5. Agradecimentos

As autoras agradecem à agência de fomento CAPES, ao Instituto de Arquitetura e Urbanismo e ao Grupo de Pesquisa Nomads. USP, pela viabilização da pesquisa.

Referências

- AGOPYAN, V. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**: Volume 5. Vahan Agopyan, Vanderley M. John; José Goldemberg, coordenador. São Paulo: Blucher, 2011.
- ASHBY, W. R. **An Introduction to Cybernetics**. Londres: Chapman & Hall Ltda, 1956.
- ASHBY, W. R. **W. Ross Ashby's Journals**. Volume 8. 1945. (<http://www.rossashby.info/>).
- BANHAM, R. **Teoria e projeto na primeira era da máquina**. Tradução de A. M. Goldberger Coelho. São Paulo: Editora Perspectiva, 1979.
- BATESON, G. **Steps to an Ecology of Mind**: Collected Essays in Anthropology, Psychiatry, Evolution, and Epistemology. New York: Paladin, 1973.
- BEER, S. What is cybernetics? **Kybernetes**, 31, Issue 2, 2002. p.209-219.
- BEER, S. **Diagnosing the system: for organizations**. John Wiley & Sons Inc, 1985.
- BERTALANFFY, L. von. **General System Theory**: Foundations, Development, Applications. New York: George Braziller, 1968.
- CANTÚ, J. L. CYBERNETICS: The super science of interconnectedness; definitions, origins, & map. **Youtube**, 2013. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=29C9bTImGqs>>. Acesso em: Maio 2017.
- DUBBERLY, H. ON MODELING Design in the age of biology: shifting from a mechanical-object ethos to an organic-systems ethos. **Interactions**, v. 15, n. 5, p. 35-41, 2008.

- FOERSTER, H. von. Cybernetics. In S. C. Shapiro (Ed.), **Encyclopedia for Artificial Intelligence**, I. New York: Wile, 1987.
- GLANVILLE, R. Thinking Second-Order Cybernetics. **CybCon**, 2002.
- LOVELOCK, J. **Gaia – Cura para um planeta doente**. Tradução de Aleph Teruya Eichenberg e Newton Roberval Eichenberg. São Paulo: Cultrix, 2006.
- MATURANA, H. 1999. Perspectives on Cybernetics. **American Society for Cybernetics**, 2018. Disponível em <<http://www.asc-cybernetics.org/wavefront/contributes/perspectives.htm>> Acesso em: 24 fev. 2018.
- MCCULLOCH, Warren S.; PAPERT, Seymour A. Embodiments of Mind. MIT Press, 2016.
- MEAD, M. **Cybernetics of Cybernetics**. Paper presented at the Purposive Systems: proceedings of the first annual symposium of the American Society for Cybernetics, 1968.
- ODUM, E. P.; BARRET, G. W. **Fundamentos de Ecologia**. Tradução de Pégasus Sistemas e Soluções. São Paulo: Cengage Learning, 2008.
- PASK, G. The architectural relevance of cybernetics. **Architectural Design**, Setembro 1969.
- PASK, G. **An approach to Cybernetics**. London: Hutchinson & CO Ltda, 1961.
- PICKERING, A. **The cybernetic brain: sketches of another future**. Chicago and London: The University of Chicago Press, 2010.
- PICKERING, A. Cybernetics and the Mangle: Ashby, Beer, and Pask In: **Centre Koyré**. Paris, 2002.
- VARELA, F. J. Introduction: The Ages of Heinz Von Foerster. In: Observing systems. Intersystems, 1984. p. xiii-xviii.
- von GLASERSFELD, E. A Cybernetician before Cybernetics. **Systems Research and Behavioral Science**, v. 14, n. 2, p. 137-139, 1997
- von GLASERSFELD, E. Cybernetics. In: NEGOITA, C.V, (Ed). **Cybernetics and applied systems**. New York: Marcel Dekker, Inc., 1992. Cap. 1, p.1–5.
- WIENER, N. **Cybernetics: Or, Control and Communication in the Animal and the Machine**. John Wiley & Sons, 1948.