

ARQUITETURA REGENERATIVA: O ENSINO E APRENDIZAGEM PARA UMA
NOVA CONCEPÇÃO EM ARQUITETURA

REGENERATIVE ARCHITECTURE: TEACHING AND LEARNING FOR A NEW
DESIGN IN ARCHITECTURE

Janice de Freitas Pires¹
Carlos Eduardo Silveira²
Francisco Antônio Pereira Fialho³

RESUMO: A arquitetura regenerativa surge com uma abordagem para além da sustentabilidade dos edifícios, buscando ampliar a relação com o meio ambiente, no sentido de promover a regeneração dos sistemas vivos, através de uma compreensão completa do local para projetar estruturas regenerativas. Nesse contexto, configura-se uma nova concepção na arquitetura, exigindo conhecimentos específicos para inseri-la na formação acadêmica. Estes passam por conhecimentos interdisciplinares, sendo de interesse neste trabalho o campo específico da geometria, a qual suporta: a atividade de análise de padrões que moldam as formas do local, no sentido de compreender como estes padrões influenciam nos processos de regeneração; a avaliação de desempenho das estruturas quanto ao condicionamento térmico do edifício projetado; a proposição formal de estruturas em um processo generativo, alcançado por meio de técnicas paramétricas de representação digital. Neste trabalho, discutem-se os conceitos necessários para a inserção da concepção regenerativa na arquitetura e apresentam-se algumas iniciativas desenvolvidas em contextos formativos e profissionais.

PALAVRAS-CHAVE: arquitetura regenerativa; parametrização; ensino de arquitetura.

ABSTRACT: Regenerative architecture arises as an approach that goes beyond the idea of sustainable buildings. More than a deep relationship with the environment it intends to promote living systems regeneration through a full understanding of the location in order to design regenerative structures. In this context, it sets up a new concept in architecture, requiring specific knowledge that must be inserted in academic education. Such knowledge is interdisciplinary, geometry being a field of specific interest. Geometry supports the analysis of the activity patterns that shape local forms, to understand how these patterns influence the regeneration process; the performance evaluation of structures on the thermal conditioning of the projected building; the formal proposal of structures in a generative process, achieved through parametric techniques of digital representation. In this paper, we discuss the concepts necessary for the insertion of regenerative design in architecture and present some initiatives developed in training and professional contexts.

KEYWORDS: regenerative architecture; parameterization; architecture education.

¹ Arquiteta, Professora Assistente na Universidade Federal de Pelotas/UFPel, RS; doutoranda na Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC, SC, janicepires@hotmail.com

² Designer, Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC, SC, designercarloseduardo@gmail.com

³ Engenheiro Eletricista, Psicólogo, Professor Titular na Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC, SC, fapfialho@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas cinco décadas, principalmente devido ao crescimento dos problemas ambientais que causam uma profunda preocupação em toda humanidade, o conceito de *sustentabilidade* tem sido amplamente incorporado na arquitetura. Aguirre et al (2008, p. 03) chamam a atenção para eventos como catástrofes ambientais, aquecimento global, desertificação de áreas que antes eram produtivas, diminuição de áreas florestais e da camada de ozônio, considerando-os como promotores de uma conscientização da importância de se agir para evitar a morte do planeta. Os autores destacam para a existência de dados informativos de que a construção civil, os veículos motorizados e o uso das edificações consomem mais da metade dos recursos não renováveis e geram cerca da metade dos resíduos e emissões de CO₂. Nesse contexto, entendem que os arquitetos e todos os agentes com poder de decisão que intervêm no processo de construção tornam-se coresponsáveis pelos numerosos e graves problemas ambientais que vem surgindo nos últimos trinta anos. Dessa maneira, consideram que todo o indivíduo que habita o planeta deve ter consciência sobre sua responsabilidade para a manutenção da vida na Terra e adotar pequenas atitudes com este propósito, cabendo aos técnicos a responsabilidade de propor soluções que venham a atender aos princípios da sustentabilidade, ou seja, "atendendo às necessidades do presente, sem comprometer o atendimento às necessidades das gerações futuras" (BRUNDTLAND, 1987, p. 16).

Gonçalves e Duarte (2006, p. 52) falam de um período da história da arquitetura no qual a tecnologia de sistemas prediais foi impulsionada pela crença de que ofereceria meios para o controle total das condições ambientais de qualquer edifício, em detrimento ao uso da *arquitetura bioclimática*. Isso, segundo as autoras, levou à repetição das caixas de vidro e ao inerente exacerbado consumo de energia nas décadas seguintes, espalhando-se por cidades de todo o mundo. No entanto, identificam que foi pequeno o período historicista arquitetônico em que as considerações sobre as premissas fundamentais de projeto e seu impacto nas condições de conforto ambiental e no consumo de energia não eram tidas como determinantes. A denominada "arquitetura bioclimática" retoma assim sua importância quando do surgimento do conceito de sustentabilidade, principalmente pelo fato de haver uma estreita relação entre o conforto ambiental e o consumo de energia, que está presente na utilização dos sistemas de condicionamento ambiental artificial e de iluminação artificial.

Gonçalves e Duarte (2006, p. 53) destacam que embora o fato de as considerações sobre a energia consumida nos sistemas de climatização e iluminação artificial terem sido tão influentes na revisão das premissas arquitetônicas, já há mais de três décadas, não significa que outras

investigações e propostas não estivessem sendo feitas. As autoras reiteram que paralelamente vinham sendo investigadas outras tecnologias para a sustentabilidade ambiental da arquitetura, incluindo também materiais e técnicas construtivas. É que, a partir das preocupações com o consumo de energia, originadas na década de 1970, o tema da arquitetura sustentável evoluiu para outros aspectos do impacto ambiental da construção, como o gerado pelos processos de industrialização dos materiais e a busca por sistemas prediais mais eficientes.

Littman (2009, p. 01), no entanto, aponta que sustentabilidade na arquitetura, como é entendida pela sociedade moderna, hoje, é uma medida insuficiente para o projeto de arquitetura, atual e futura, pois visa não mais que tentar tornar os edifícios "menos ruins". Para o autor, o padrão atual de construção requer muito pouco em relação ao meio ambiente e a dinâmica em arquitetura em relação a ele espera pouco a fim de ser considerado um sucesso. O autor destaca que a entrada contínua de energia e recursos em uma estrutura para o funcionamento saudável e completo não é sustentável por qualquer meio (LITTMAN, 2009, p. 01)

Descreve que o paradigma atual em arquitetura é a degeneração e o emprego de tecnologias obsoletas. Para o autor, na concepção atual, um edifício é uma entidade estática desprovido de integração ambiental, levando a um modelo linear de consumo e desperdício (LITTMAN, 2009, p. 01-02)

Segundo Littman (2009, p. 02), a concepção regenerativa na arquitetura se baseia na premissa de que **tudo o que se constrói** tem o potencial para a **integração do mundo natural** como um "**parceiro igual**".

Neste contexto, o autor propõe expandir a definição de arquitetura para "**a arte ou prática de projetar e construir o lugar, através da integração do local e construção.**" Considera esta definição mais completa e abrangente de modo a incluir o local na arquitetura como a única forma de um edifício para ser "além de sustentável", ou seja, ser **regenerativo**.

Em face da eminente urgência de tal mudança de paradigma na prática profissional do projeto de arquitetura, é necessário pensar em como abordar tal concepção no ensino de arquitetura, principalmente quanto às mudanças em curso relativas à inserção das tecnologias digitais no processo de projeto. Este trabalho busca abordar a concepção regenerativa e a sua inserção na formação em arquitetura, considerando-se os contextos didático, profissional e tecnológico.

2 PRINCÍPIOS DA ARQUITETURA REGENERATIVA

Gonçalves e Duarte (2006, p. 52) trazem uma citação de Corbella e Yannas (2003, p. 17) que procura explicar a relação da Arquitetura sustentável com a Bioclimática:

A Arquitetura sustentável é a continuidade mais natural da Bioclimática, considerando também a integração do edifício à totalidade do meio ambiente, de forma a torná-lo parte de um conjunto maior. É a arquitetura que quer criar prédios objetivando o aumento da qualidade de vida do ser humano no ambiente construído e no seu entorno, integrando as características da vida e do clima locais, consumindo a menor quantidade de energia compatível com o conforto ambiental, para legar um mundo menos poluído para as próximas gerações.

As autoras analisam que as características bioclimáticas estão presentes na arquitetura modernista brasileira, especialmente durante o período de 1930 a 1960, entre as quais se pode destacar o amplo emprego de quebra-sóis e “cobogós” por arquitetos desse período. Destacam para importância que o arquiteto Lúcio Costa deu quanto à compreensão das condições climáticas e da geometria solar para a concepção de projetos, cumprindo um papel exemplar na educação e na prática arquitetônica.

Para as mesmas autoras, em uma abordagem mais ampla, a arquitetura sustentável é mais do que tratar de conforto ambiental e energia, devendo-se considerar uma série de outros fatores ambientais, sociais, econômicos e até mesmo urbanos e de infraestrutura. Assim, as premissas para a sustentabilidade da arquitetura devem ser extraídas do contexto em questão e do problema ou do programa que é colocado para a proposição do projeto. Dessa forma, pode-se afirmar que a sustentabilidade de um projeto arquitetônico começa na leitura e no entendimento do contexto no qual o edifício se insere e nas decisões iniciais de projeto.

Nesta mesma direção, Littman (2009, p. 06) declara que um edifício "verde" se concentra tradicionalmente apenas na **primeira parte** da arquitetura regenerativa. Ela emprega a tecnologia como meio de redução e conservação. Nesse sentido, o autor compreende que o método de concepção e construção de estruturas desprovidas de processos naturais e compromisso mínimo com o meio ambiente é ainda não natural e ilógico.

Para o autor, compreender o funcionamento do meio natural é uma das premissas da arquitetura regenerativa. Segundo ele, o mundo natural é uma coleção de muitos sistemas naturais e os fluxos de energia que estão integralmente ligados. Cada sistema individual depende de todos os outros sistemas para a operação saudável. A teia de interconectividade e relações mutuamente benéficas que existem no nosso mundo é, para Littman (2009, p. 17-18), literalmente o fundamento pelo qual existimos.

Com base no exposto, o autor acaba por definir a *arquitetura regenerativa* como descrito a seguir:

Arquitetura é regenerativa quando incorpora **mais do que apenas o edifício**. A arquitetura é o lugar, o local, os sistemas, a energia, a construção, a fauna e flora, etc. Trata-se de uma arquitetura que é puramente embutida no lugar... Ela existe como **uma única peça**, um sistema que coevolui como uma entidade completa. Uma vez que este entendimento da arquitetura é adotado, as oportunidades de arquitetura regenerativa se tornam quase ilimitadas. A saúde do ecossistema é melhorada e a arquitetura está agora a produzir mais do que consome, tendo uma existência positiva; isto é chamado **“regeneração”**. (Littman, 2009, p.04, tradução nossa).

A arquitetura regenerativa é uma prática de envolver o mundo natural como meio para e gerador da arquitetura e emprega uma compreensão completa e abrangente dos sistemas naturais e de vida no projeto de uma estrutura (LITTMAN, 2009, p. 01). Segundo o autor, é uma arquitetura que envolve o ambiente e usa os milhões de anos de engenharia e evolução como a fundação para uma estrutura regenerativa. Responde, assim, e utiliza os sistemas naturais vivos que existem em um lugar, aos quais se tornam os "blocos de construção" da arquitetura.

3 PRINCÍPIOS ORIENTADORES PARA A REGENERAÇÃO

Littman (2009, p. 26-34) desenvolveu alguns princípios orientadores para a regeneração, partindo da premissa de que a análise do local exerce um papel central no desenvolvimento de um projeto de concepção regenerativa. Isso em parte porque os tecidos são construídos em torno do fluxo de energia e tornam-se a expressão física ou forma de realização (personificação) desta energia e neste processo a natureza essencial do fluxo e a correspondente natureza do meio através do qual ele passa determinam a sua expressão na forma.

O autor destaca que a forma se repete em matrizes previsíveis chamadas **padrões** e cada parte de um sistema expressa um padrão da forma do todo, através de **diferentes níveis de organização** (LITTMAN, 2009, p. 11).

Com isso, considera que a **percepção de lugar como um conjunto de padrões e sistemas interdependentes** é o primeiro passo que o projetista deve dar no processo de concepção regenerativa.

Para o autor, antes de projetar e gerar uma estrutura, o projetista deve **conhecer o lugar em um nível íntimo e profundo com base nos padrões, forças e energias** existentes em um local. Os padrões e as teias desenvolveriam um retrato único do local. E a **dinâmica do lugar começa a revelar-se de dados como tangíveis**, que são então usados como as **informações generativas** da arquitetura.

A figura 1 exemplifica uma análise geométrica de um organismo vivo, o “nautilus”, o qual possui sua estrutura gerativa baseada no conceito de proporção áurea.

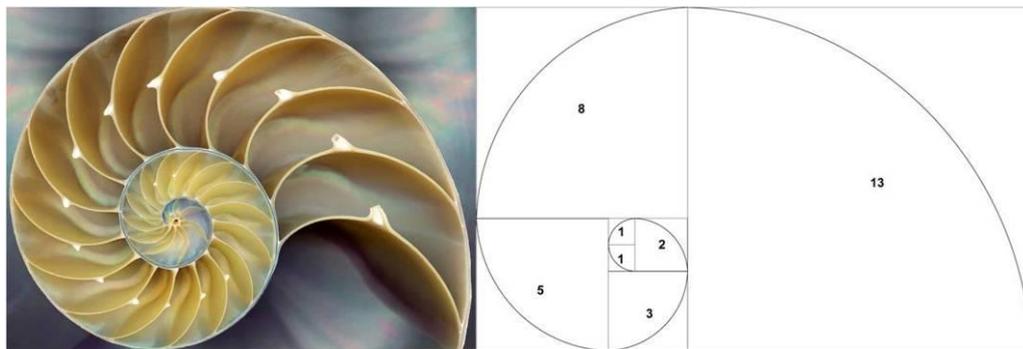


Figura 1: Padrão geométrico da estrutura gerativa de um nautilus. Fonte da imagem: <http://www.inspirationgreen.com/fibonacci-sequence-in-nature.html>

Os princípios orientadores para a regeneração apontados por Littman (2009, p. 26-34) são:

3.1 Integração de sistemas inteiros de design

Diretrizes:

- “Todos os sistemas e entidades são contabilizados e incorporados no projeto geral do sistema”.
- “Todos os sistemas estão envolvidos em comunidades de relações de apoio mútuo”.
- Multiplicidade. Isto indica que cada uma das entidades do sistema deve desempenhar mais do que uma função ou satisfazer mais do que uma necessidade dentro do sistema.
- O princípio da redundância. Este princípio afirma que cada necessidade dentro do sistema é recebida com mais de uma solução. Baseia-se no reconhecimento de que, dentro de um sistema natural não há uma única solução para o funcionamento do sistema. Ex. aquisição de energia utilizável por energia solar, eólica e biomassa (queima de biomassa para a energia). Em um projeto de regeneração, devemos considerar a implementação de pelo menos duas dessas opções para atender a nossa demanda por energia, resolvendo assim o problema da energia, com mais de uma solução, fortalecendo nosso sistema energético, solidificando nossa entrada de energia, tornando-o mais confiável, eficiente e benéfico.

3.2 Integração na paisagem

Pontos de foco:

- Análise do local, da paisagem, seus elementos e sistemas naturais são a base para gerar o design;
- A habitação e integração paisagística criam uma nova unidade / entidade inteira;

- c) A construção da habitação é naturalmente artificial ou artificialmente natural. Isso significa que nós reconhecemos que a arquitetura é uma entidade artificial, já que é algo que nós impomos a uma paisagem. Na arquitetura regenerativa, temos de tentar atravessar (transpor) o fosso (lacuna) entre o artificial e o natural, sintetizando assim, a relação entre os dois.

3.3 Limites inteligentes

Este princípio estabelece que cada programa tenha um limite mínimo exigido, com uma máxima potencialmente infinita. O projeto reflete o equilíbrio do programa e cada material e espaço é potencialmente maximizado e integrado em todo o seu potencial de entrada líquida positiva no sistema. A noção de "Limites inteligentes" é crucial para o processo de design, pois garante que o equilíbrio possa ser cumprido dentro do sistema, alcançando um equilíbrio que é regenerativo e sem limitar o potencial de regeneração dentro do sistema.

3.4 Concentração

O que este princípio está principalmente preocupado é com o espaço. Cada elemento do sistema tem uma localização relativa dentro do lugar e é muitas vezes esquecido que as relações espaciais entre os elementos do sistema podem ter um enorme impacto sobre o funcionamento do sistema. Devemos projetar cada um dos elementos de localização relativa com a intenção de maximizar a capacidade desse sistema e o que ele pode proporcionar aos seus sistemas de contrapartida.

3.5 Princípio da construção inteligente

Refere-se à construção da arquitetura, bem como a construção de sistemas e o local; respeita a eficiência dos materiais, maximização de seu potencial e construtibilidade.

3.6 Ecologia ousada (Bold Ecology)

Refere-se à implementação e proliferação de sistemas ecológicos que executam múltiplas funções, são regenerativos e fornecem uma produção líquida positiva.

3.7 Comunidade

Cada sistema e comunidade podem ser posteriormente desconstruídos para revelar os componentes que constituem a sua existência. Camadas de escala são as escalas calculáveis quase

infinitas de comunidades e sistemas organizados que existem no universo. Por exemplo, uma comunidade de bactérias existe em um nível diferente de escala do que uma comunidade de seres humanos. Camadas de escala nos revelam o padrão de relações que ocorrem entre as diferentes comunidades e sistemas em todo o horizonte de escala.

A complexidade da comunidade ou sistema aumenta exponencialmente à medida que a escala aumenta, porque a quantidade de comunidades de escalas menores é aumentada. É importante entender que nem todas as comunidades são calculáveis e não podem ser compreensíveis, mas a sua existência é fundamental para todas as comunidades subsequentes.

3.8 Experiência do lugar

Incorpora um conjunto de qualidades e características fenomenológicas que são identificáveis e específicas para qualquer lugar. A experiência é aquela que deve ser positiva e impulsionada pela forma sistêmica clara. O local deve ser capaz de ser vivenciado pelas comunidades e indivíduos, e deve contar uma história sobre o lugar. A experiência do lugar reflete as intenções do projeto e descreve a natureza regenerativa do sistema.

3.9 Cultura

A cultura é um princípio absolutamente essencial, que se manifesta em todas as camadas de escala, e está presente em todas as espécies. Cada entidade cultural é um constituinte do lugar e deve ser aproveitada e comemorada através do processo de design. Cada lugar conta uma história e tem uma história inserida dentro dele e é através da expressão cultural que essas histórias são contadas. A expressão cultural é identificada através de reconhecimento de padrões durante o processo de análise lugar (passo em que o designer extrai todos os dados necessários para uma arquitetura de regeneração a ser desenvolvida).

Pode-se dizer que alguns dos ideais da arquitetura regenerativa foram expressos muito cedo, precisamente no início do século XX, na primeira fase do movimento da arquitetura moderna, com a arquitetura orgânica de Frank Lloyd Wright (1914). A figura 2 ilustra um dos seus mais famosos projetos, a Casa da Cascata (*Fallingwater*) construída entre 1936 e 1939 sobre uma cachoeira e projetada para a família Kaufmann. Esta expressa profundamente a arquitetura orgânica proposta pelo arquiteto.



Figura 2: Casa da Cascata, 1935-39, projeto do arquiteto Frank Lloyd Wright. Fonte: <http://www.fallingwater.org/>

Segundo Gutheim (1975) os **princípios da arquitetura orgânica** de Frank Lloyd Wright envolvem:

Construção e Local - Os dois têm uma relação muito especial na arquitetura orgânica. O local deve ser aumentado pela construção, e a construção deriva sua forma parcialmente da natureza do local. Às vezes, isso é feito por semelhança (casa pradaria e paisagem da pradaria), às vezes por contraste (Água de queda e um vale da floresta). Em ambientes naturais, os edifícios podem abrir para fora (casas *Usonian*), e em ambientes urbanos, voltar para dentro (os edifícios *Larkin* e *Johnson Wax*). O edifício cresce fora da paisagem tão naturalmente como qualquer planta; sua relação com o local é tão única que estaria fora de lugar em outro lugar.

Materiais - São utilizados simplesmente de uma maneira que aumenta seu caráter inato e otimiza sua cor individual, textura e força. Um material não está disfarçado como outro. A maneira como um edifício se junta ao material, como um material se junta a outro; a própria forma do edifício deve ser uma expressão da natureza dos materiais utilizados. Na arquitetura orgânica apenas alguns materiais são utilizados, tanto dentro como fora.

Abrigo - Um edifício deve transmitir uma sensação de abrigo, refúgio, ou proteção contra os elementos. A seus habitantes nunca deve faltar privacidade ou se sentirem expostos e desprotegidos.

Espaço - A realidade do edifício não consiste em o telhado e as paredes, mas "o espaço dentro para ser vivido", disse Wright. O espaço interior determina forma exterior (como em *Unity Temple*). Espaço interior não é embalado em caixas chamadas salas; em vez disso, o espaço deve fluir livremente de área interior para a área exterior. Quartos nunca são retângulos simples, mas eles estão divididos verticalmente e horizontalmente para dar a visão e a mente algo agradável e às vezes algo misterioso para desfrutar. Uma área nunca é totalmente compreendida quando vista

de um ponto, mas deve ser lentamente vivida conforme nos movemos através do espaço. Um espaço pode introduzir outro, ampliando o efeito, ou funcionar como parte de uma série.

Proporção e Escala - O corpo humano deve ser a medida de um edifício e seu mobiliário. Wright falou da "harmonia integrante da proporção da figura humana - ter cada detalhe concebido de forma a tornar a relação humana com a arquitetura não é apenas conveniente, mas encantador".

Natural - Natural é a escola de um arquiteto. As possibilidades criativas de forma, cor, padrão, textura, proporção, ritmo e crescimento são todos demonstrados na natureza. Arquitetura orgânica não imita a natureza, mas ela está preocupada com materiais naturais, o local e as pessoas que irão ocupar os edifícios.

Repouso - Espaço de repouso, sereno, tranquilo, é um ambiente adequado para o crescimento humano. Ele é alcançado por massas arquitetônicas simples que refletem os espaços interiores despojados e que são cuidadosamente relacionadas com o local.

Gramática - Cada prédio tem sua própria gramática, seu vocabulário distinto do padrão e forma. Todas as partes do edifício a partir do menor detalhe para a forma geral, portanto, falam a mesma língua. A gramática pode ser completamente diferente para dois edifícios, embora ambos sejam organicamente concebidos (por exemplo, edifícios *Johnson Wax* versus *Taliesin West*).

Ornamento - Nem toda arquitetura orgânica tem ornamento, mas, quando utilizado, ele é desenvolvido como uma parte integral do material e não aplicado. Exemplos são os padrões expressos em concreto ou esculpidos em pedra, em painéis de vidro e telha de vidro ou nos mosaicos.

Valores Humanos - "Todos os valores são valores humanos, ou também não possuem valores", disse Wright. "O uso e o conforto humano devem ter a posse íntima de cada interior e devem ser sentidos em cada exterior."

Simplicidade - Arquitetura orgânica é simples, porque seu esquema e design são claros. "A forma mais elevada de simplicidade não é simples no sentido de que a inteligência infantil é simples nem, aliás, do lado de um celeiro. Simplicidade na arte é uma qualidade positiva sintética em que podemos ver a evidência de mente, amplitude do esquema, riqueza de detalhes e, além disso, uma sensação de completude encontrada em uma árvore ou flor". (KAUFMAN e RAEBURN, 1969).

Sistemas Mecânicos e Móveis - Estes são parte integrante do edifício: eles não são adicionados, presos em ou indevidamente expostos. Escultura e pintura tem que se tornarem elementos do design total. Mobiliário deve fazer parte do design, tanto quanto possível.

Segundo o arquiteto Alexis Persinger (2012, <http://persingerarchitects.com>) o uso da tecnologia pode reduzir grandemente as cargas de energia e controle da construção, sistemas de controle a reação às mudanças no meio ambiente, de modo que o edifício se torne quase vivo. No entanto, destaca que o aspecto mais importante da arquitetura regenerativa é de **criação passiva**. Usando o poder da natureza, um edifício pode permanecer confortável quase todos os dias, sem qualquer uso de energia. Como exemplo de projeto passivo cita a arquitetura vernácula anterior a revolução industrial, a qual mantém os edifícios confortáveis em quase qualquer clima pela maximização da orientação solar.

4 A PRÁTICA PROFISSIONAL E A FORMAÇÃO EM ARQUITETURA

Os projetos direcionados a sustentabilidade utilizam a tecnologia com foco em controle do gasto de energia e avaliação de desempenho das estruturas quanto ao condicionamento térmico do edifício. A geometria das estruturas em uma arquitetura performativa possui um papel determinante quanto ao desempenho do edifício, principalmente considerando-se os aspectos de gasto de energia e eficiência estrutural.

Em Turrin et al (2011, p. 01) o papel que a geometria desempenha na arquitetura é discutido em relação ao projeto orientado para o desempenho, em que avaliações com base em critérios de engenharia são integrados na fase de concepção do projeto. Em tal trabalho, o desempenho atingido por uma solução geométrica específica é considerado, juntamente com sua complexidade em um processo interdisciplinar. Os autores propõem o uso de técnicas paramétricas de modelagem, integrando algoritmos genéticos para a seleção de alternativas a serem avaliadas, devido ao enorme espaço de soluções que tais técnicas paramétricas fornecem.

No entanto, na concepção regenerativa é necessário, desde as fases iniciais de concepção, avançar na integração do projeto ao ambiente no qual será inserido, para que possa se constituir como uma entidade viva desse ambiente.

Dessa maneira, além do conhecimento específico de geometria, as tecnologias digitais passam a ter um papel central em projetos de estruturas arquitetônicas regenerativas.

Nesse contexto, identifica-se a necessidade de inserir no ensino de arquitetura um processo de formação em projeto regenerativo e a necessidade de aprofundamento nas técnicas de representação gráfica digital, principalmente o conhecimento necessário para a geração da forma, em seus aspectos geométricos. Tais conhecimentos, além de fornecer subsídios para o reconhecimento de padrões do local, tal como proposto por Littman (2009), permitem estudos de exploração de desempenho da geometria da forma arquitetônica quanto a sua *performance*, através de aplicações de técnicas paramétricas de modelagem.

Considera-se que a formação em arquitetura deve unir os campos de conhecimento que abarcam os temas: geometria, técnicas digitais de representação, arquitetura sustentável, arquitetura regenerativa. A figura 3 exemplifica estudos sobre a geometria da forma arquitetônica a partir de obras exemplares, como o Centro Max Feffer, em Pardinho, SP, desenvolvidos em estágios iniciais de formação em arquitetura, na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAURb) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), na qual um dos autores deste trabalho atua como docente. Esta obra abriga um centro cultural que buscou valorizar e difundir o bambu como material construtivo importante por suas propriedades estruturais e de regeneração. Os estudos geométricos votam-se para o tipo de superfície curva utilizada na cobertura do Centro e de suas propriedades quanto ao conforto ambiental, além de abordar as técnicas digitais de representação, que permitem gerar o modelo geométrico de tal estrutura.

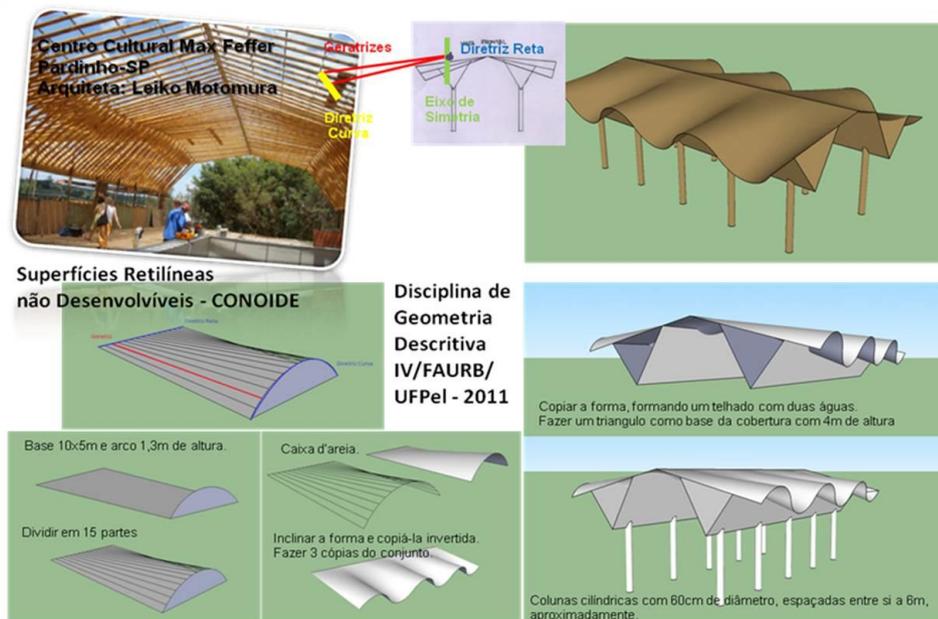


Figura 3: Estudos que integram o conhecimento da geometria, arquitetura e técnicas digitais de representação, em processos de formação em arquitetura, tendo como caso de estudo o Centro Cultural Max Feffer, Pardinho, SP. Fonte: Disciplina de Geometria Descritiva IV, FAURB/UFPel, 2011.

Do ponto de vista tecnológico, Littman (2009, p. 65) também aponta o uso do *design paramétrico* para o que descreve como "desafiar as ideias tradicionais sobre métodos de projeto de arquitetura em busca de simulações que envolvam a aparência de vida, os efeitos espaciais e uma combinação de superfícies deformáveis e forças físicas".

O autor defende que: "Em vez de ser concebido como formas inertes estacionários, o espaço é muito plástico, flexível e mutável em sua evolução dinâmica através do movimento e transformação" (Littman, 2009, p.65). Para ele a forma é definida não só por seus parâmetros internos, mas também por um mosaico de outras forças flutuantes externas, invisíveis.

Nesta direção, diversos processos de formação têm sido desenvolvidos em universidades, no exterior e no Brasil. A figura 4 ilustra o estudo realizado em um destes processos, o Workshop Cria, desenvolvido na FAUrb/UFPeL, em 2013, e o qual teve foco na **modelagem paramétrica e uso de programação** para o design de **painéis móveis** de fachada. Este workshop integrou professores, pesquisadores, mestrandos, bolsistas e alunos de especialização e graduação.

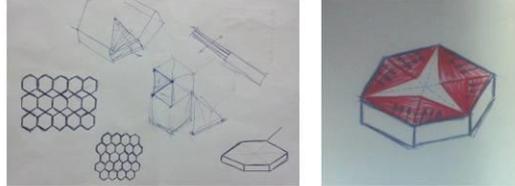
Na proposta ilustrada na figura 4 foi utilizado como referencial os conceitos da geometria e textura dos “muxarabis” e mosaicos árabes. Para a concepção de um módulo do painel móvel de fachada, foi proposta uma composição geométrica por simetrias, de rotação e de translação, aplicadas a um ente geométrico fundamental, um polígono triangular (linha 2 desta figura). A partir desta composição gerou-se um módulo hexagonal e este módulo foi justaposto em uma malha também hexagonal, a qual serviu de base para o desenho de todo o painel, conforme os croquis e a modelagem digital ilustrados nas segunda e terceira linhas desta figura.

Nas linhas quatro, cinco e seis desta figura, está ilustrada a modelagem paramétrica do triângulo que forma o módulo do painel e de sua abertura e as simulações de movimento do painel, proporcionadas pela associação com a linguagem de programação *processing* (<https://processing.org/>).

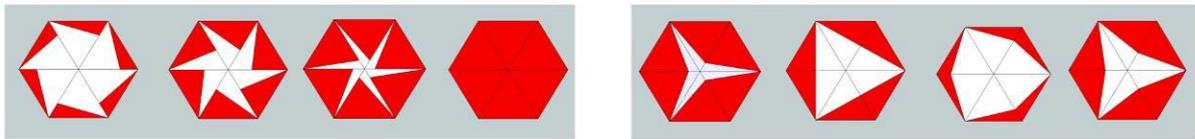
REFERENCIAL: geometria e textura DOS MUXARABIS E MOSAICOS ÁRABES



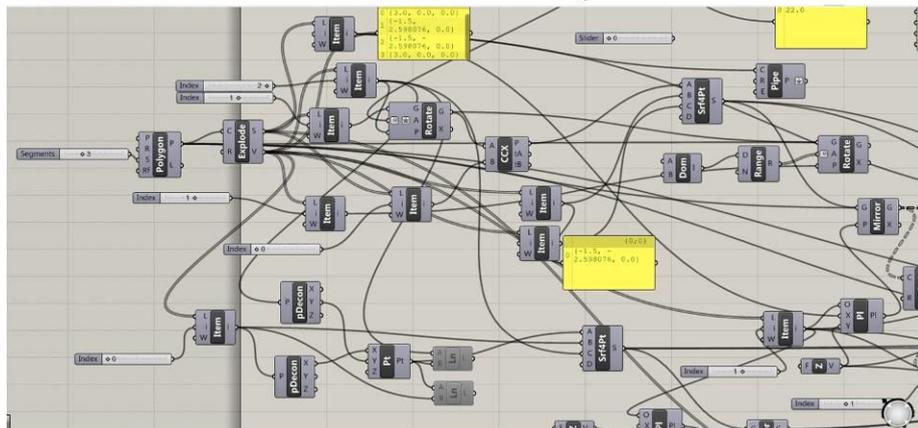
PROPOSIÇÃO CONCEITUAL: PAINEL HEXAGONAL SUBDIVIDIDO EM TRIÂNGULOS



COMPOSIÇÃO DO MÓDULO POR SIMETRIA CÍCLICA (ROTAÇÃO) e POR SIMETRIA DE REFLEXÃO DE UM TRIÂNGULO



MODELAGEM PARAMÉTRICA DO TRIÂNGULO QUE FORMA O MÓDULO DO PAINEL



IMPLEMENTAÇÃO: ASSOCIAÇÃO AO PROCESSING

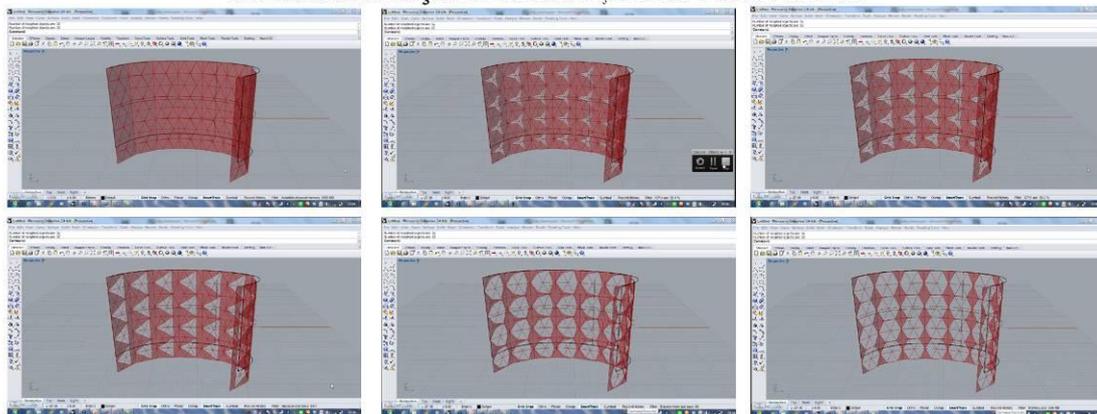


Figura 4: Processo de formação em técnicas paramétricas de modelagem e linguagem de programação para a simulação de painéis móveis de fachada. Fonte: Workshop CRIA, FAURB/UFPeI, 2013.

Projeto paramétrico é entendido como um processo em que a descrição de um problema é criada usando variáveis. Ao alterar essas variáveis, uma gama de soluções alternativas pode ser criada, em seguida, com base em alguns critérios selecionados de uma solução final. Nesta base, pode-se dizer todo o projeto é paramétrico (MONEDERO, 1999, p. 01).

Em termos computacionais, é o processo de desenvolvimento de um modelo de computador ou a descrição de um problema de design. Esta representação é baseada em relações entre os objetos controlados por variáveis. Fazer alterações às variáveis resulta em modelos alternativos. A seleção de uma solução é feita com base em alguns critérios que podem ser relacionados com o desempenho, facilidade de construção, requisitos de orçamento, as necessidades do usuário, estética ou uma combinação destes.

Na prática profissional é apontado por Turrin et al (2011, p. 02) a necessidade de desenvolvimento de projetos em equipes interdisciplinares. Os autores defendem que o **alargamento do conjunto de performances** avaliadas em numa **fase precoce, aumenta a interdisciplinaridade**, e cria uma visual ligação entre **forma e avaliações numéricas de desempenho**, que pode reduzir o investimento em soluções de desempenho insatisfatório.

5 EXEMPLO DE PROJETO REGENERATIVO NA PRÁTICA PROFISSIONAL

Vincent Callebaut arquitetos desenvolvem projetos arquitetônicos que avançam em uma concepção regenerativa. Um destes projetos, a ser implementado no sudoeste da China, é FLAVOURS ORCHARD, 45 Vilas de mais energia (PLUS-ENERGY) em uma SMART GRID4 (rede inteligente) em Kunming, província de Yunnan.

Segundo as informações sobre a obra, o setor da construção na China é um consumidor de energia primária em torno de 40% do total de energia consumida no país, ficando na frente do consumo dos transportes (30%) e da indústria (30%). Também é o setor responsável por mais de 40% das emissões totais de CO₂. Nesta perspectiva, o conceito deste eco-bairro é construir 45 Vilas com mais energia e alimento em uma enorme comunidade autogerida pelos habitantes e os participantes do projeto.

Na proposição do projeto, o objetivo foi associar um estado da arte para sistemas inteligentes de automação predial e informações integradas em cada vila (levando à redução de custos e aumento da funcionalidade) com uma rede de energia inteligente, a fim de redistribuir o excesso produzido (elétrico, calorífico, alimentos) para as necessidades mais próximas, de modo a evitar a perda de relacionamentos com os sistemas de armazenamento. Para além das células de combustível, os veículos elétricos serão também utilizados para o armazenamento do excesso de eletricidade produzida pelos telhados solares, assegurando, assim, as viagens diárias dos habitantes livremente. A integração biogeográfica do plano mestre respeita as qualidades naturais

⁴ Uma rede de fornecimento de eletricidade que utiliza a tecnologia de comunicações digitais para detectar e reagir a mudanças locais em uso. Redes inteligentes são uma componente chave da estratégia energética da UE (<https://translate.google.com.br/#en/pt/smart%20grid>).

do local e mantém a continuidade dos ecossistemas endêmicos (árvores, sebes, riachos, floras e fauna são preservados). FLAVOURS ORCHARD é um verdadeiro jardim para compartilhar suas energias projetadas e cultivadas coletivamente. As futuras famílias de estas moradias de mais energia serão capazes de viver e trabalhar confortavelmente em sua casa de campo e reinventar novos estilos de vida eco responsáveis, maximizando os padrões de vida normais (<http://vincent.callebaut.org/page1-img-flavoursorchard.html>). A produção de energia a partir de fontes renováveis é conseguida através de grandes áreas das janelas de frente para Norte e Sul para permitir que a luz solar penetre a estrutura, reduzindo a necessidade de utilização de energia a partir de unidades de refrigeração de ar e lâmpadas, com janelas de vidros triplos e pela adição de isolamento pesado fazendo com que a estrutura se mantenha aquecida à noite, diminuindo o uso de aquecimento artificial. Estes edifícios passivos que capturam o calor durante o dia, a fim de reduzir a necessidade de geração de calor durante a noite, ultrapassam as suas necessidades energéticas através da produção de energia renovável por meio da integração de sistemas solares fotovoltaicos e painéis solares térmicos, trocadores de calor geotérmico, e produção combinada de calor e as unidades de energia (CHP). A água é reciclada em lagoas para a irrigação agrícola e para o uso no vaso sanitário. Todas as águas residuais serão enviadas para fachadas de biorreatores (com painéis cheios e com algas) para a digestão anaeróbica. O metano emitido durante o processo de digestão vai ser usado para produzir energia e para arrefecer o interior das habitações. Sobre o projeto ainda é destacado que a construção de energia positiva constitui uma ruptura tecnológica e conceitual alta. Estas moradias são isoladas termicamente, sem descontinuidade e sem pontes térmicas.

As imagens da figura 5 ilustram as três tipologias arquitetônicas adotadas as quais correspondem aos três ecobairros do projeto, cada um destes possuindo 15 unidades habitacionais.

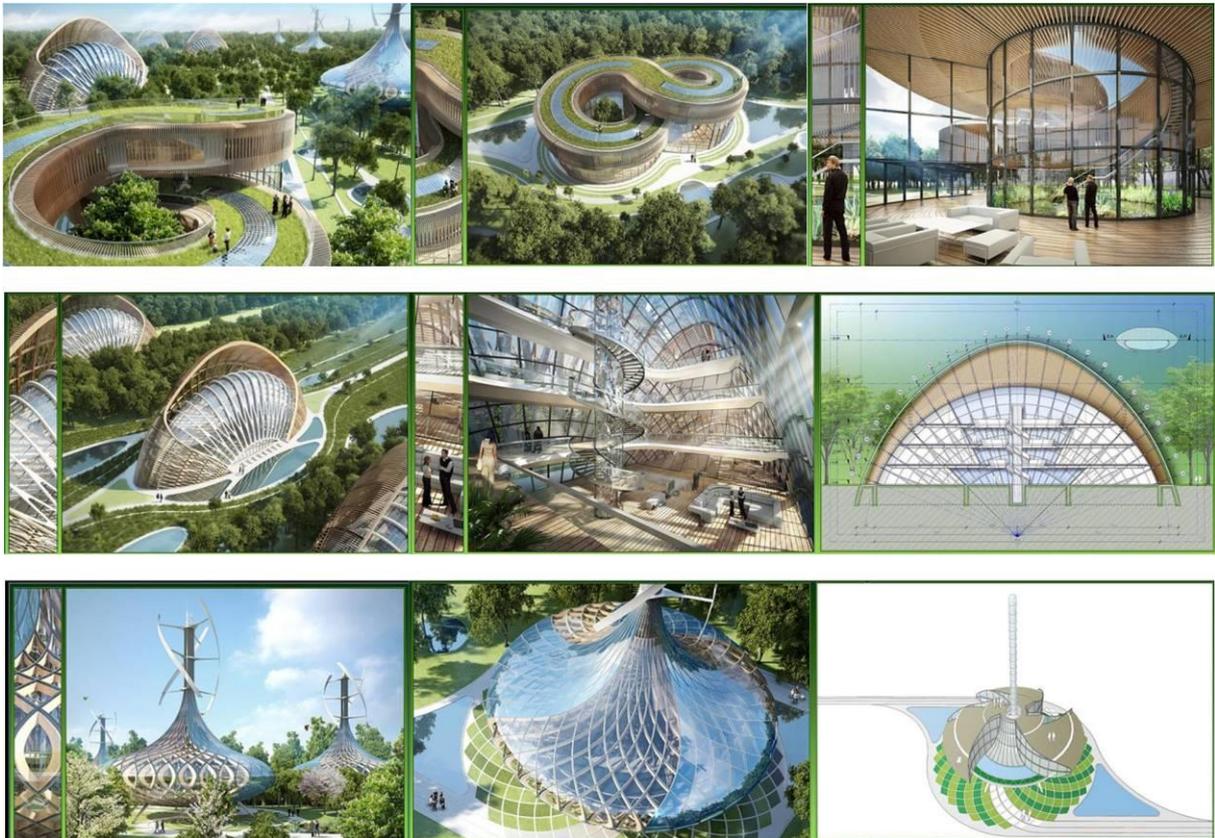


Figura 5: Tipologias arquitetônicas adotadas no FLAVOURS ORCHARD, em Kunming, Yunnan Province, sudoeste da China, 2014, arquiteto Vincent Callebaut. Fonte: <http://vincent.callebaut.org/page1-img-flavoursorchard.html>

Ainda segundo as informações sobre o projeto, estas três tipologias de Vilas de mais energia demonstram ser um símbolo de que é possível inventar novos modelos contemporâneos de habitação eco-responsável, neste caso associando a evolução econômica na China e o respeito do meio ambiente em todo o mundo. Os habitantes precursores de tal experiência estão ligados entre si por seu compromisso cidadão de um novo ideal ecológico que é energeticamente eficiente, coletivo e sustentável.

6 DISCUSSÃO

Segundo Godard (1997), a gestão de recursos ambientais deve estar imbuída de uma visão estratégica de desenvolvimento em longo prazo, o que lhe confere um sentido para além dos usos cotidianos, pois se constitui onde se confrontam e se reencontram os objetivos associados ao desenvolvimento e aqueles voltados para a conservação da natureza ou para a preservação da qualidade ambiental. Isso nos leva a uma abordagem que se corresponde com o conceito do chamado *design thinking*, o qual utiliza habilidades de design para associar os recursos técnicos disponíveis na busca da satisfação das necessidades humanas.

A utilização do *design thinking* dentro das metodologias de projeto possibilita que o resultado seja uma solução completa ao problema, descartando a visão tradicional de focar a correção apenas no produto ou serviço, já que a adoção da visão sistêmica permite aos projetistas uma visão global de todo o sistema em que o produto ou serviço está inserido, desde a extração da matéria-prima, passando pela análise do consumidor, até o seu descarte no ambiente. Soluções projetuais que abordam uma visão sistêmica tem maior chance de obterem sucesso perante seus usuários e ambiente.

A abordagem ao projeto arquitetônico de concepção regenerativa, apresentada neste trabalho, caracteriza-se como uma proposta de *design thinking*, já que exige a procura de soluções interdisciplinares pela equipe envolvida, desde as etapas iniciais do processo de projeto, passando pelo desenvolvimento e sua implementação, auto-organizando-se para gerir o próprio uso do produto ao qual o projeto se refere, neste caso, o edifício, ao longo de seu tempo de vida útil.

A mudança de paradigma na arquitetura inicia pela inserção no contexto de formação profissional de tais ideias apresentadas, o que exige se constituir um campo interdisciplinar de ensino, unificando a aprendizagem do projeto de arquitetura ao ensino das áreas de sustentabilidade e regeneração ambiental, conforto ambiental, estruturas, representação gráfica e tecnologias digitais.

De acordo com que Cavalcanti (1997, p. 11) salienta a sustentabilidade não será alcançada se o capital natural for rebaixado, impossibilitando o ecossistema de conceber os serviços que permitem aos humanos realizar a satisfação de suas necessidades. Para o autor, a percepção de desenvolvimento sustentável representa uma alternativa ao conceito de crescimento econômico, indicando que, sem a natureza, nada pode ser produzido de forma sólida. No entanto, esta noção necessita estar acompanhada de ações práticas, envolvendo profissionais de várias áreas do conhecimento para a sua materialização.

Considerando que as ideias aqui expostas podem ser aplicadas a qualquer forma de organização social humana, poderíamos dizer que a questão a ser realçada refere-se à necessidade de particularizar e parametrizar a atividade de análise, especificando as características que conformam o meio o qual se quer interferir e buscando soluções com base nesta análise, conforme especificado por Littmann (2009, p. 33-34).

Cavalcanti (1997, p. 3) destaca que “A ideia de sustentabilidade, por sua vez, implica uma limitação definida nas possibilidades de crescimento. Mas é sobre esse fundamento que é indispensável agregar preocupações ecológicas (ou ecos sociais) às políticas públicas”.

Conforme destaca Silva et al (2013, p. 19), fica evidente a necessidade de uma crescente busca de soluções mais criativas, inovadoras e ecologicamente compromissadas que poderão regular a

transformação das nossas cidades para o futuro. E isso só será possível com uma ampla e profunda formação profissional embasada em tais ideais, adotando-se uma clara visão do papel que as tecnologias digitais terão neste processo.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo apresentou alguns ideais teóricos e práticos que enfatizam a necessidade de uma mudança de paradigma na concepção em arquitetura, os quais vão de encontro às questões relacionadas ao desenvolvimento urbano e ambiental e, ao mesmo tempo, representativas das preocupações atuais do planejamento territorial contemporâneo para além de uma visão sustentável.

As experiências relatadas propõem igualmente o que Silva et al (2013, p. 19) reiteram em seu estudo: "uma abordagem dialógica prática, articulando modelos e referências de projetos destacados internacionalmente, bem como conceitos e teorias desenvolvidos por pesquisadores preocupados com a responsabilidade que todos nós temos frente a temática ambiental". Sintetizando uma abordagem teórica e conceitual sobre regeneração na arquitetura, a introdução do aspecto prático projetual, neste caso, contribui para aprofundar a discussão sobre a arquitetura de uma edificação como um todo, olhando-se para novos pontos de vista.

A compreensão dos aspectos teóricos envolvidos nesta nova concepção, aliada a investigações no contexto de ensino, pesquisa e prática profissional, é essencial para que o projeto se torne o fio condutor da materialização da arquitetura regenerativa, contribuindo para o planejamento e gestão territorial.

Nesse sentido, as propostas projetuais exemplificadas assumem importância ainda maior ao ampliar as discussões para além dos limites tradicionalmente dados pelos campos disciplinares.

O projeto nesse caso é entendido não como um produto final, acabado e que traz as soluções definitivas, mas antes como uma tecnologia para comunicar e dar forma e materialidade a conceitos que poderão ser debatidos pelos diversos atores sociais envolvidos no processo de construção das nossas cidades.

REFERÊNCIAS

AGUIRRE, Lina de Moraes; OLIVEIRA, Juliano; BRITTO CORREA, Celina. Habitando o container. *Living Inside the Container*. In: 7º Seminário Internacional do Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo (NUTAU) da Universidade de São Paulo - Espaço Sustentável: Inovações em edifícios e cidades, 2008. Disponível em: <http://www.usp.br/nutau/CD/69.pdf> Acesso em: novembro de 2014.

BROWN, T. *Design Thinking. Uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

BRUNDTLAND, Gro Harlem. *Our common future: The World Commission on Environment and Development*. Oxford: Oxford University, 1987. Disponível em: <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf> Acesso em: maio de 2015.

CAVALCANTI, Clóvis. “Política de Governo para desenvolvimento Sustentável: Uma introdução ao tema e a Esta Obra Coletiva” in Clóvis Cavalcanti (org), *Meio Ambiente, Desenvolvimento Sustentável e Políticas Públicas*. São Paulo: Cortez, p. 1-14, 1997. Disponível em: http://www.institutoembratel.org.br/cursos/curso_instituto/site/pdf/meio_ambiente.pdf Acesso em: maio de 2015.

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. *Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental*. Rio de Janeiro: Revan, 2003.

GODARD, Olivier. O desenvolvimento sustentável: paisagem intelectual. In: CASTRO, Edna; PINTON, Florence (Orgs.). *Conceitos e questões sobre desenvolvimento e meio ambiente*. Belém: Cejup/UFPA- NAEA, 1997. RSE na mídia: Pauta e Gesto da Sustentabilidade, São Paulo, Instituto Ethos, 2007.

GONÇALVES, Joana Carla Soares; DUARTE, Denise Helena Silva. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. *Sustainable architecture: integration among environment, design and technology in research, design practice and education. Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 6, n. 4, p. 51-81 out./dez. 2006. ISSN 1415-8876, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Disponível em: <http://www.seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/issue/view/289> Acesso em: maio 2015.

GUTHEIM, 1975; KAUFMAN e RAEBURN, 1969. *Princípios da Arquitetura orgânica de Frank Lloyd Wright*. Disponível em: <http://www.flwright.org/ckfinder/userfiles/files/Wright-Organic-Architecture.pdf> Acesso em: maio 2015.

LITTMAN, Jacob A. Regenerative Architecture: A Pathway Beyond Sustainability. *Dissertação de Mestrado*. University of Massachusetts – Amherst, 2009. 68 p. Disponível em: <http://scholarworks.umass.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1389&context=theses> Acesso em: abril 2015.

MONEDERO, Javier. Parametric Design. A Review and Some Experiences. In: *Challenges of the Future: 15th eCAADe Conference Proceedings*, edited by Bob Martens, Helena Linzer, and Andreas Voigt. Vienna: Österreichischer Kunstund Kulturverlag. 1997. Disponível em: <http://info.tuwien.ac.at/ecaade/proc/moneder/moneder.htm> Acesso em: janeiro 2015.

PERSINGER, Alexis. *Regenerative Architecture: Design That Matters*. Disponível em: <http://persingerarchitects.com/2012/01/07/regenerative-architecture-design-that-matters/> Acesso em: maio 2015.

SILVA, Diego Fagundes da; COSTA E MATTOS, Erica Azevedo da; FAGUNDES, Thêmis da Cruz; KÓS, José Ripper. Prospecção Projetual para o Desenvolvimento de um Urbanismo Ecológico: Florianópolis e o Caso do Rio Vermelho. In: *6º Projetar - O Projeto como Instrumento para a Materialização da Arquitetura: ensino, pesquisa e prática*. Salvador, 26-29 novembro 2013. Disponível

em: <http://projedata.grupoprojetar.ufrn.br/dspace/bitstream/123456789/1849/1/E1033.pdf>
Acesso em: junho 2015.

TURRIN, Michela; VON BUELOW, Peter; STOUFFS, Rudi. Design explorations of performance driven geometry in architectural design using parametric modeling and genetic algorithms (Explorações de projeto de desempenho impulsionado por geometria no projeto arquitetônico utilizando modelagem paramétrica e algoritmos genéticos). *Advanced Engineering Informatics*, 25, 2011. p. 656-675. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474034611000577> Acesso em: abril 2015.