

PROJETO ARQUITETÔNICO DO BERÇO AO BERÇO

DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE CUNA A CUNA

ARCHITECTURAL DESIGN FROM CRADLE TO CRADLE

WITICOVSKI, LILIAN CRISTINE

Doutora, Universidade Federal do Paraná, e-mail: liliwiticovski@gmail.com

TAVARES, SERGIO FERNANDO

Doutor, Universidade Federal do Paraná, e-mail: sergioftavares@gmail.com

FREITAS, MARIA DO CARMO DUARTE

Doutora, Universidade Federal do Paraná, e-mail: carmemk2@gmail.com

RESUMO

A aplicabilidade da sustentabilidade com conceitos da Análise do Ciclo de Vida nas disciplinas de arquitetura será relacionada às estratégias didático-pedagógicas para o alcance das competências pelo estudante e pelo acompanhamento do professor. A distribuição do conteúdo estruturado e proposto para desenvolver as competências nos estudantes e que vão avaliar a compreensão destes sobre projetos mais sustentáveis é inspirado na CEN EN 15804. A fase pós-operacional, relacionada ao estágio Além do Ciclo de Vida, possui uma abordagem do berço ao berço. Para isso, propõe-se um projeto arquitetônico para montagem e desmontagem desenvolvido na disciplina de Tecnologia da Construção III no ano de 2019, inserindo a prática em uma disciplina teórica. Dessa forma, o objetivo deste artigo é definir critérios de inserção dos conceitos de ACV, do berço ao berço, nos processos iniciais de projeto arquitetônico. Para que ocorram mudanças reais, é fundamental uma aplicação prática dos conceitos de sustentabilidade no processo projetual, uma vez que se faça uma adequação dos planos de ensino, das instalações dos ateliês e salas de estudos para que haja integração entre as habilidades manuais e as novas tecnologias possam ser efetivamente implementadas. Conclui-se que, ao inserir os conceitos de ACV no ensino de Arquitetura e Urbanismo, gradualmente, os estudantes teriam condições de desenvolver projetos mais sustentáveis, melhorando, assim, as condições urgentes do planeta. Ao mesmo tempo, frisando a importância das questões ambientais e das necessidades dos usuários, e não enfatizando apenas as questões mercadológicas.

PALAVRAS-CHAVE: ensino de arquitetura; berço ao berço; projetos sustentáveis.

RESUMEN

La aplicabilidad de los conceptos de sustentabilidad con Análisis de Ciclo de Vida en las disciplinas arquitectónicas estará relacionada con estrategias didáctico-pedagógicas para el logro de competencias por parte del estudiante y el seguimiento del docente. La distribución de contenidos estructurados y propuestos para desarrollar habilidades en los alumnos y que evaluarán su comprensión de proyectos más sostenibles está inspirada en la CEN EN 15804. La fase post-operativa, relacionada con la etapa Más Allá del Ciclo de Vida, tiene un enfoque de cuna para acunar. Para ello se propone un proyecto arquitectónico de montaje y desmontaje desarrollado en la asignatura de Tecnología de la Construcción III en el año 2019, insertando la práctica en una asignatura teórica. Así, el objetivo de este artículo es definir criterios para la inserción de conceptos LCA, de cuna a cuna, en los procesos iniciales de diseño arquitectónico. Para que se produzcan cambios reales, es fundamental una aplicación práctica de los conceptos de sostenibilidad en el proceso de diseño, una vez que se adecuan los planes docentes, las instalaciones de los talleres y salas de estudio para que haya integración entre las habilidades manuales y las nuevas tecnologías, puede implementarse de manera efectiva. Se concluye que, al insertar los conceptos de ACV en la enseñanza de la Arquitectura y el Urbanismo, de manera paulatina, los estudiantes estarían en capacidad de desarrollar proyectos más sostenibles, mejorando así las condiciones apremiantes del planeta. Al mismo tiempo, enfatizar la importancia de las cuestiones ambientales y las necesidades de los usuarios, y no solo enfatizar las cuestiones de marketing.

PALABRAS CLAVES: enseñanza de la arquitectura; cuna a cuna; proyectos sostenibles.

ABSTRACT

The applicability of sustainability with Life Cycle Analysis concepts in architecture disciplines will be related to didactic-pedagogical strategies for the achievement of competences by the student and the monitoring of the teacher. The distribution of structured and proposed content to develop skills in students and which will assess their understanding of more sustainable projects is inspired by CEN EN 15804. The post-operational phase, related to the Beyond the Life Cycle stage, has an approach to the cradle to cradle. For this, an architectural project for assembly and disassembly developed in the subject of Construction Technology III in the year 2019 is proposed, inserting the practice in a theoretical subject. Thus, the objective of this article is to define criteria for the insertion of LCA concepts, from cradle to cradle, in the initial processes of architectural design. For real changes to occur, a practical application of the concepts of sustainability in the design process is essential, once the teaching plans, the facilities of the workshops and study rooms are adapted so that there is integration between manual skills and the new ones. technologies can be effectively implemented. It is concluded that, by inserting the concepts of LCA in the teaching of Architecture and Urbanism, gradually, students would be able to develop more sustainable projects, thus improving the urgent conditions of the planet. At the same time, stressing the importance of environmental issues and user needs, and not just emphasizing marketing issues.

KEYWORDS: architecture teaching; cradle to cradle; sustainable projects.

Recebido em: 05/04/2022

Aceito em: 09/11/2022

1 INTRODUÇÃO

A Análise do Ciclo de Vida (ACV) tem se configurado como uma noção significativa nas discussões que permeiam a formação do arquiteto-urbanista. Isso porque a ACV possibilita uma avaliação acerca da sustentabilidade de seus produtos, serviços e ações, no processo de projeto. Implica também em considerar os impactos ao longo do ciclo de vida do edifício, contabilizando os consumos de recursos e a geração de emissões para o meio ambiente.

A relevância dessa noção está na urgência mundial de se refletir e conscientizar os arquitetos e urbanistas em formação sobre as questões relativas à sustentabilidade. Entre as responsabilidades da formação está compreender que o processo do projeto compreende desde a extração das matérias-primas; passando pelo processo industrial de cada material, pela fase de uso e manutenção; até chegar a sua destinação final, como resíduo, reuso ou início de um novo ciclo.

A *International Standardization for Organization* (ISO) em sua norma 14040 define ACV como “compilação e avaliação de entradas e saídas (de matérias primas e recursos energéticos) e impactos ambientais potenciais de um produto através de seu ciclo de vida” (NBR, 14040:2001, p.3). Levantamento detalhado de todas as etapas de um ciclo, de um produto ou serviço, é definido como uma abordagem do tipo *cradle-to-grave*, ou berço ao túmulo.

Uma forma de compreender como a noção de sustentabilidade tem permeado a arquitetura é por meio do *cradle-to-cradle*. Trata-se de um conceito de *design* desenvolvido na década de 1990 por Michael Braungart, William McDonough e os cientistas da EPEA *Internationale Umwelt for Schung*, em Hamburg, Alemanha. O conceito descreve o uso seguro e potencialmente infinito de materiais em ciclos. *Cradle-to-Cradle* representa inovação, qualidade e bom projeto. É um conceito inspirado na natureza em que os produtos são criados de acordo com os princípios de uma economia circular ideal. O *cradle-to-cradle* segue a linha do *Triple Bottom Line* e sua implementação cria benefícios econômicos, sociais e ecológicos (MCDONOUGH; BRAUNGART, 2002).

Projetar edifícios dinâmicos e reversíveis para que no seu fim de vida funcionem como bancos de materiais, reduz o uso de recursos a uma taxa que atenda à capacidade do planeta e produza menos resíduos, uma os conceitos de prática projetual com representação gráfica favorecendo a montagem e desmontagem buscando conceitos da Análise do Ciclo de Vida (ACV) do berço ao berço.

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é definir critérios de inserção dos conceitos de ACV, do berço ao berço, nos processos iniciais de projeto arquitetônico.

3 DESENVOLVIMENTO

Os autores Sehnem e Pereira (2018) descreveram sucintamente os termos relacionados ao reuso de materiais em um esclarecimento conceitual.

A logística reversa atribui responsabilidade compartilhada entre fabricantes, importadores, consumidores e no destino reverso de produtos, para serem reciclados e remanufaturados pelos fabricantes, focando no reaproveitamento. No *Cradle-to-cradle*, os recursos na gestão de operações estão inseridos em uma lógica circular na qual cada passagem de ciclo se torna um novo berço para determinado material. O *Double loop* olha para o resíduo e procura criar alternativas novas para reintroduzi-lo na cadeia de produção. *Closed loop* foca nas operações e recicla os materiais. *Up cycle* possui ênfase na gestão do sistema, usa a criatividade e inovação para enfatizar a sustentabilidade. A ACV analisa alternativas para a redução de impactos dentro da cadeia de valor e conhece o processo produtivo. A economia circular possui foco na gestão do sistema e enfatiza o ciclo biológico e técnico nos materiais (SEHNEM; PEREIRA, 2018).

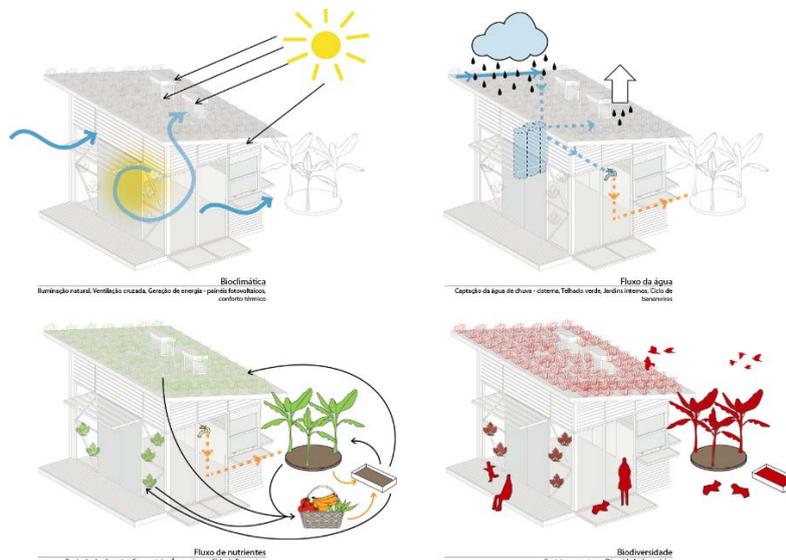
Edifícios projetados dinamicamente e de forma reversível podem ser incorporados em uma economia circular - onde os materiais nos edifícios sustentam seu valor. Isso levará à redução de resíduos e ao uso de menos recursos virgens (BAMB, 2019).

A missão do *Building as Material Bank* (BAMB) é permitir a mudança para um setor de construção circular. Remodelação, manutenção e demolição de edifícios criam grandes quantidades de resíduos. Os estoques substanciais de materiais de construção usados são descartados, porque é mais caro ou impossível recuperá-los para reutilização com seu valor intacto (BAMB, 2019).

Exemplos de edifícios construídos diante deste conceito: Casa Circular, projetada pelos escritórios *Flock design* e *Okna arquitetura*, construída no bairro de Pinheiros, em São Paulo. Também se cita KODA, que é um mini protótipo de casa móvel pré-fabricado na Estônia desenvolvido pelo escritório *Kodasema*. E *Pop Up House* da empresa francesa *Multipod Studio*.

As Figuras 1 e 2 ilustram o projeto com este conceito.

Figura 1 – Casa Circular

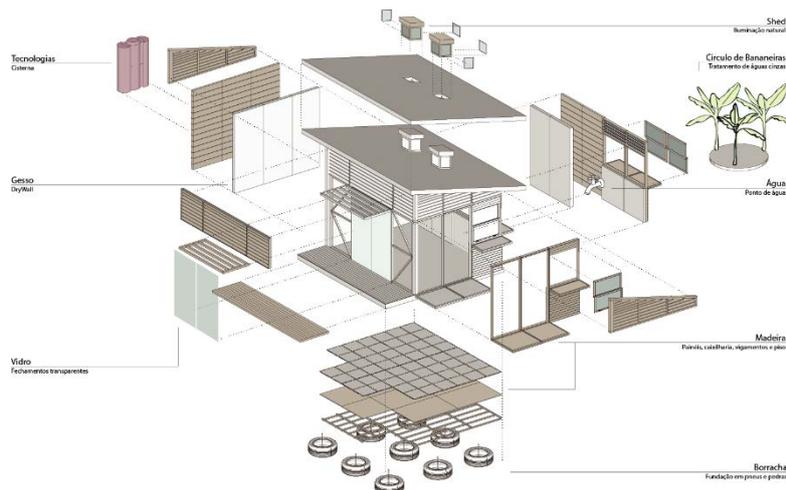


Fonte: *Flock design* e *Okna arquitetura* (2018). Disponível em: <http://www.flockcircular.com.br/casa-circular-1-atelier/>

O conceito da Casa Circular do escritório de arquitetura *Flock Design* e *Okna arquitetura* é a construção sem desperdícios, com viabilidade financeira, qualidade e estética.

A preocupação não é apenas com os impactos ambientais gerados pela extração de matéria-prima e pelo seu descarte, mas se estende também à otimização no processo de projeto arquitetônico.

Figura 2 – Casa Circular projeto para produção e montagem



Fonte: *Flock design* e *Okna arquitetura* (2018). Disponível em: <http://www.flockcircular.com.br/casa-circular-1-atelier/>

A reutilização de elementos da construção é uma alternativa sustentável que pode ser efetivada a partir de considerações importantes no desenvolvimento de projetos arquitetônicos reversíveis considerando a possibilidade de serem desconstruídos, disponibilizando para reuso de peças como portas, janelas, painéis,

enfim, grande parte de seu material a partir de banco de materiais. A prática levará à redução de resíduos e ao uso de menos matérias-primas virgens.

Estágio além do ciclo de vida

O projeto dinâmico ou orientado à mudança é uma estratégia de projeto e construção baseada nas necessidades e desejos em constante mudança dos usuários e da sociedade. O objetivo é, portanto, criar edifícios que suportem mudanças eficientemente, em termos econômicos, ambientais, custos e benefícios sociais. Isso mantém o edifício utilizável por mais tempo (GALLE e HERTHOGS, 2015).

O uso de projeto de construção reversível é recomendado para reduzir a extração de recursos. Por exemplo, um edifício pode ser mais facilmente mantido e pode antecipar as necessidades de mudança durante sua vida útil, como uma mudança na composição da família, sem gerar resíduos adicionais usando componentes de construção reversíveis (VANDENBROUCKE, 2017).

A construção transformável visa permitir ajustes por um longo período, como uma expansão à medida que uma empresa ou família cresce. *Design for Disassembly* (DFD) é originalmente um conceito do desenvolvimento de produtos. Aspectos importantes da construção desmontável são a reversibilidade, simplicidade e rapidez das conexões entre os componentes dos elementos construtivos, sua durabilidade, compatibilidade e disposição entre si (GALLE e HERTHOGS, 2015).

A concepção do DFD, por sua vez, considera que todo o processo posterior de desmontagem é pensado durante o desenvolvimento do projeto inicial, o que acarreta grandes benefícios para o reaproveitamento dos materiais e, logo, em um maior cuidado com o impacto ambiental. O processo de reuso, reciclagem e potencial conserto dos materiais gerados têm sido designados por diferentes nomes (SOUZA e SERRA, 2017).

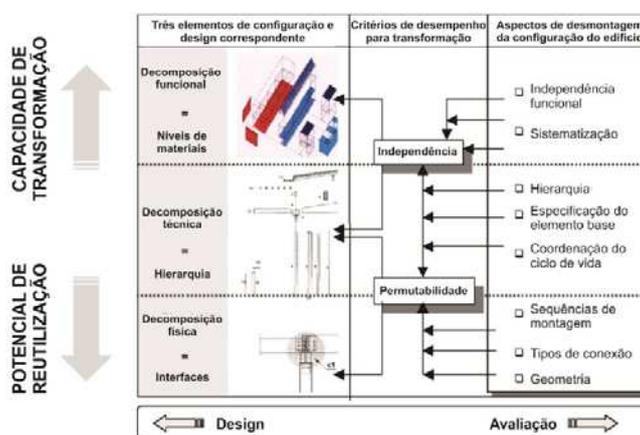
Uma característica marcante do *Design for Assembly* (DFA), tendo em vista todos os seus atributos, é sua representação gráfica. Nela, normalmente o componente ou elemento é representado em perspectivas explodidas, que mostram os componentes e seus locais de encaixe ou fixação. O DFA é um tipo de projeto que visa à simplificação do processo de produção através da redução do número de componentes do produto, orientando e facilitando as atividades de montagem que utilizam tais peças (LAI e GERSHENSON, 2008, como citado em VIVAN e PALIARI, 2012).

De acordo com Wang et al. (2019), a reversibilidade começa com o *design*. Outro exemplo de utilização de projetos reversíveis, de grande relevância é em edifícios comerciais. Sabendo-se que, a mudança das necessidades de mercado são as principais razões para sua demolição prematura, estes edifícios possuem uma vida útil menor ao comparar-se com a vida útil técnica.

O projeto de construção reversível, segundo Durmisevic (2019), estende o escopo do projeto além do projeto de construção que é materializado em torno de um programa de uso e uma opção de fim de vida de seus materiais.

Os critérios de reversibilidade técnica possuem três grupos propostos por Durmisevic (2019): domínios de *design* para desconstrução, critérios de *design* e requisitos de concepção, de acordo com a Figura 3.

Figura 3 - Grupos de fatores da reversibilidade técnica



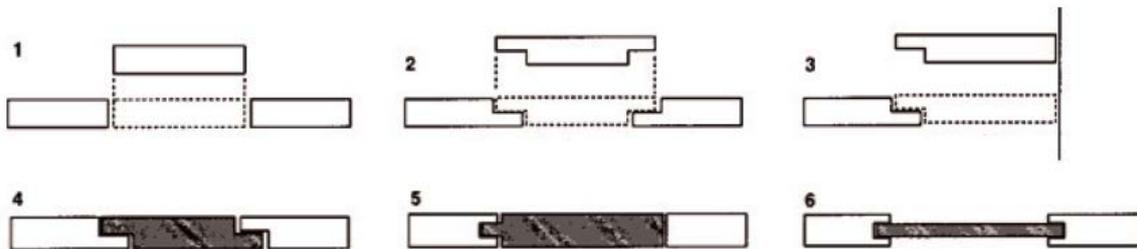
Fonte: Durmisevic (2019).

A decomposição Técnica e Física será descrita como a autora propõe (DURMISEVIC, 2019):

Decomposição Funcional:

1. **Independência Funcional:** uma estrutura pode ser revertida se seus elementos/componentes/sistemas forem definidos como partes independentes de uma estrutura de construção e se suas interfaces forem projetadas para troca.
2. **Sistematização:** quais funções estão agrupadas e quais não estão; opções de reconfiguração do produto e a complexidade da composição técnica em nível de construção; e, produto para desempenhar uma determinada função.
3. **Decomposição Técnica:**
4. **Hierarquia:** relações físicas, bem como tipologia de interface que aumenta o potencial de reutilização são essenciais.
5. **Projeto do elemento base:** definição de elementos de uma unidade como telhado, piso e teto em subconjuntos. Isso resulta em um arranjo de peças de construção que são agrupadas em subconjuntos independentes de acordo com sua funcionalidade e podem ser desmontadas e substituídas independentemente. Isso também resulta em uma montagem mais rápida, pois o número de etapas de montagem no canteiro de obras é reduzido.
6. **Coordenação do Ciclo de Vida:** os materiais de construção têm ciclos de vida que variam de 5 a 75 anos, mas frequentemente as sequências de montagem dos materiais não consideram isso.
7. **Decomposição Física:**
8. **Sequências de Montagem:** permitindo uma montagem mais paralela do que sequencial dentro de um edifício.
9. **Geometria e morfologia:** projetar a geometria externa do produto que permitirá a recuperação dos elementos sem danificar os mesmos ou os elementos e a geometria da borda do produto que seja adequada para reutilização.
10. **Tipo de conexões:** utilizar tipo de ligação que permita a separação e fácil recuperação dos elementos, Figura 4.

Figura 4 - Tipo de conexões



Fonte: Durmisevic (2019).

As conexões de 1 a 3 permitem as substituições, as de 4 a 6 a substituição acontecerá pela demolição. Ainda segundo a mesma autora, Durmisevic (2019), os cenários para circularidade de material devem ser requisitos técnicos padrão em um resumo de projeto. Isso deve exigir uma especificação clara dos materiais na construção, suas propriedades e funcionalidades, bem como suas opções de uso futuro dentro de uma mesma aplicação para acomodar novas funções. A entrega do projeto final deve conter instruções para recuperação de cada material e número de etapas de recuperação.

A disposição dos componentes um em relação ao outro determina até que ponto o elemento deve ser desmontado para substituir, limpar ou reparar um componente específico. Um arranjo de camadas de vida, de acordo com o ciclo de vida de cada material, é uma escolha que pode limitar a desmontagem e demolição e apoiar a construção dinâmica (GALLE e HERTHOGS, 2015)

Para reduzir o desperdício, os edifícios precisam ser projetados como estruturas reversíveis que permitem transformações, desmontagem e reutilização de elementos construtivos. Isso pode ser complexo na prática devido às significativas capacidades de processamento de informações, mas a pesquisa de Van Den Berg e Durmisevic (2017) sugeriram que o *design* é possibilitado com o uso do *Building Information Modeling* (BIM).

Projeto Arquitetônico e os materiais construtivos

As decisões de projeto, entre elas a localização das obras, a definição do produto a ser construído, o partido arquitetônico e a especificação de materiais e componentes afetam diretamente o consumo de recursos naturais e de energia. Tal consumo é afetado também pela otimização ou não da execução e pelo efeito global no seu entorno, sem falar nos impactos estéticos e urbanísticos mais amplos (BENTO, 2016).

“As soluções arquitetônicas devem oferecer propostas menos impactante aos meios social e ambiental com uso responsável de recursos e menores consumos de energia, água e outros insumos” (AsBEA, 2012, p.14).

De acordo com Medeiros (2014); Costa Lima (2012) e Rocha (2012), a relação entre a concepção arquitetônica e o entendimento de sua materialização no ateliê de projeto de arquitetura deve refletir sobre a estrutura como “entrada” para o desenvolvimento de projetos, enfocando as coerências entre o estético e o técnico.

Moreira e Santos (2019) confirmaram através de um questionário que as experiências práticas relevantes ligadas à construção, a partir do qual todo o projeto seria concebido, são atividades que auxiliam significativamente em termos de compreensão de dinâmicas da obra, seja em relação aos imprevistos que podem acontecer, seja em termos de entender melhor como os materiais e sistemas estruturais funcionam.

Para que a edificação, no seu processo de projeto, tenha se incorporado à sustentabilidade, o conceito arquitetônico deve ser pensado com soluções formais e plásticas que prezam pelo ciclo completo da ACV.

Proposta de aplicação na Disciplina de Tecnologia Construtiva

A disciplina desenvolvida com a turma de terceiro ano, em 2019, do curso de arquitetura e urbanismo de uma Instituição de Ensino Superior Privada do Paraná, abordou os conhecimentos adquiridos no 2º e 3º bimestre sobre tecnologia construtiva e estratégias de canteiros de obras e, no 4º bimestre, aproximou o conteúdo aos conceitos de ACV berço ao berço, conforme Figura 5. Dessa forma, a condução da disciplina se inspirou na norma europeia EN15804.

Figura 5 – Estágio além do fim da vida, etapa pós-operacional



Fonte: Witcovski (2022).

Mesmo que não haja qualquer vinculação do plano de ensino com os conceitos para além do fim da vida da ACV ou sustentabilidade, esta proposta insere a temática com um desenvolvimento preliminar projetual para montagem e desmontagem.

Planejamento da aula

Os procedimentos para a inserção dos conceitos teóricos e proposta de atividade seguiram os seguintes passos da Figura 6 para o estágio além do fim da vida:

Figura 6 – Planejamento além do CV



Fonte: Witcovski (2022).

- a) **Plano de Aula:** o docente, a partir da análise do PPC, insere projeto arquitetônico com estratégias para a aplicação do conhecimento da ACV na fase pós-operacional. É importante o diálogo com o plano de curso e com a coordenação.
- b) **Pesquisa:** o professor reúne todos os materiais relevantes para o plano de aula e produção do material teórico e da aula expositiva. Verificação de bibliografia para apoiar o conhecimento teórico disponível ao estudante para consulta.
- c) **Produção da Aula:** após reunir todo o material teórico como livros físicos e digitais, revistas, artigos e sites de fabricantes de materiais de construção, foi apresentado aos estudantes a teoria relacionada com uma aula expositiva para exploração de conceitos: o que é, como funciona e onde se aplica.
- d) **Debate:** a turma decide a divisão das equipes e escolha da tecnologia construtiva para a realização projeto preliminar arquitetônico.
- e) **Investigação:** após o conhecimento teórico, o estudante investigará quais tecnologias construtivas permitem a montagem e desmontagem. A pesquisa foi realizada no laboratório de informática com supervisão da docente. As entregas na plataforma digital foram: prancha conceitual do projeto arquitetônico e memorial justificativo.
- f) **Planejamento do Projeto:** a equipe faz as atribuições e divisões de trabalho entre os participantes.
- g) **Execução:** o projeto arquitetônico passa pela fase de: análise de obra correlatada, conceito e partido, esquemas gráficos, representação gráfica e prancha.

Planejamento da atividade

Após a abordagem teórica de conteúdo os seguintes temas, realizados através de aula teórica com apoio de *Datashow* presencialmente, foram: Construções rápidas, *Steel Frame*, *Wood Frame*, Construções pré-moldadas, Casas ecológicas. Análise do ciclo de vida. Construções para montar e desmontar, *Design for Assembly* (DFA) e *Design for Disassembly* (DFD). Uso de vídeos ilustrativos. A atividade foi proposta para a turma.

A disciplina foi planejada a partir da competência instrumental, apresentadas na Figura 7, de acordo com Cebrián et al. (2007), serviu como direcionamento para a proposta projetual em equipe:

Figura 7 – Atividade além do CV

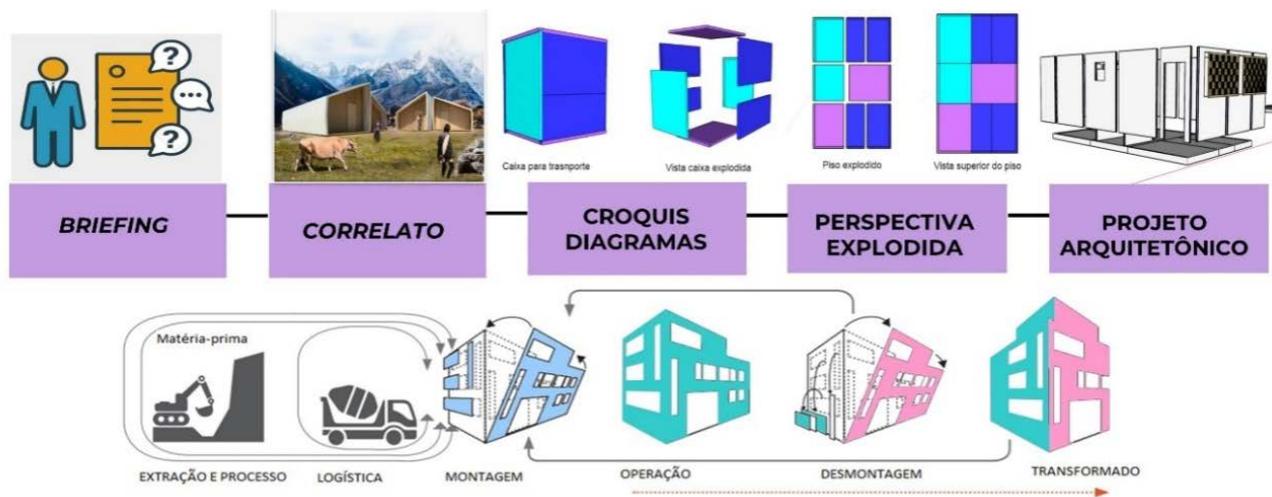


Fonte: Witcovski (2022).

1. **A capacidade de análise e síntese:** compreender a tecnologia construtiva, os materiais necessários para a sua execução, o processo de montagem e a representação gráfica. Compreender a importância das equipes especializadas em um processo.
2. **Habilidades básicas de manejo do computador:** pesquisar na biblioteca digital e em sites de fabricantes os materiais escolhidos. Realizar o projeto preliminar arquitetônico. Utilizar *softwares* de desenho: AutoCAD, *SketchUp* ou Revit. Para a produção de prancha – *Photoshop* e *CorelDraw*.
3. **Habilidade de gerenciamento da informação:** pesquisar projetos que possuam a mesma tecnologia construtiva escolhida para o projeto arquitetônico como referência de volumetria, estética, programa de necessidades, fluxograma, processo construtivo, detalhamentos e montagem. Organizar a equipe e definir atribuições.
4. **Resolução de problemas e tomada de decisão:** capacidade de decisão projetual e tecnologia construtiva favorecendo novos ciclos.

A partir desses elementos, o processo projetual seguiu os passos da Figura 8 em esquema de roteiro:

Figura 8 - Roteiro atividade além do CV



Fonte: Witcovski (2022).

1. **Briefing:** determinação da função, os usuários e a localização. Flexibilidade em transformação do projeto em um outro uso utilizando os mesmos materiais. Exemplo na Figura 9 de proposta realizada pelos estudantes:

Figura 9 - Briefing para desmontagem /montagem



Refúgio de fácil montagem
 Modulação de um sistema construtivo flexível e leve.
 Capaz de abrigar 5 usuários
 Infraestrutura comuns de alimentação, saúde e convivência



Fonte: Acadêmicos do curso de Arquitetura e Urbanismo, com orientação e supervisão. Witcovski (2022).

2. Correlato: o repertório arquitetônico realizado através de análise de um projeto com o mesmo uso com funções similares ou que possua a mesma tecnologia construtiva. É um estudo de caso aprofundado de um projeto arquitetônico que serve como referência projetual e ajuda a entender vários aspectos relevantes na hora de projetar. Exemplo na Figura 10 de um projeto, *Just a Minute* do escritório de arquitetura Barberio Colella ARC de referência para um estudante:

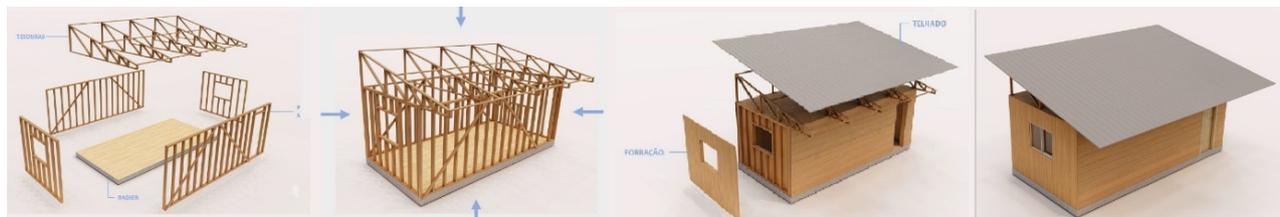
Figura 10 – Prancha correlato desmontagem/ montagem



Fonte: Acadêmico do curso de Arquitetura e Urbanismo, com orientação e supervisão. Witicovski (2022). Adaptado de: <https://www.barberiocolella.it/projects.html>

3. Croquis, Diagramas e/ou esquemas: os croquis auxiliam no amadurecimento da ideia e podem ser realizados à mão livre. Os diagramas ajudam nos entendimentos da tecnologia construtiva, na montagem e desmontagem. O exemplo de esquemas, na Figura 11 demonstra o que foi utilizado pelos estudantes sobre a tecnologia construtiva.

Figura 11 - esquema de montagem



Fonte: Acadêmicos do curso de Arquitetura e Urbanismo, com orientação e supervisão. Witicovski (2022).

4. Representação Gráfica: conceber o projeto de arquitetura, integrando questões formais e funcionais de forma conjunta, considerando fluxos e setores de maneira articulada; estudo e dimensionamento dos espaços internos e das questões estruturais em um desenho técnico. A apresentação final do projeto deverá conter as seguintes peças gráficas e textuais: planta baixa com *layout*, planta baixa com esquemas de montagem da estrutura, corte, perspectiva e detalhes.

5. Prancha de apresentação do projeto arquitetônico: a realização da prancha apresenta o memorial descritivo com textos e informações necessárias, peças gráficas suficientes para a compreensão do processo criativo com a inserção conceitual da sustentabilidade através de imagens de renderização, todos os elementos construtivos e a representação gráfica: planta baixa, cortes, elevações e detalhes do desenho técnico. Exemplos na Figura 12 e 13 de trabalhos desenvolvidos pelos estudantes na fase preliminar.

1. **Independência Funcional:** A atividade propôs que o projeto arquitetônico tivesse a representação gráfica com os componentes desassociados para uma melhor compreensão da possibilidade de reaproveitamento dos materiais.
2. **Sistematização:** A representação gráfica incluiu, além das partes agrupadas para reconfiguração, as partes que não podem ser reaproveitadas, como a fundação, por exemplo.

Decomposição Técnica:

3. **Hierarquia:** Esta etapa seria subsequente ao projeto preliminar apresentado pelos estudantes. Uma possibilidade seria a construção de maquetes em escala reduzida simulando os dois cenários diferentes projetuais, com mais detalhes para as peças e encaixes. No entanto, não houve tempo hábil para a execução de protótipos físicos para complementação desta pesquisa.

5 CONCLUSÃO

Para se ter uma arquitetura sustentável, a escolha dos materiais construtivos escolhidos durante a fase conceitual arquitetônica é uma influência direta nos impactos ambientais gerados pela edificação. É importante compreender o ciclo de vida de cada um dos materiais utilizados no projeto e propor soluções com menores impactos ambientais.

De modo geral, esta pesquisa tem por entendimento que o arquiteto-urbanista assume um papel importante referente à sustentabilidade. Além da educação profissional e da transformação da sociedade, o papel do curso de Arquitetura e Urbanismo também é o de despertar para a responsabilidade ambiental, assim como para a social, ética e para o pensamento crítico.

Diante dos desafios ambientais emergentes, o projeto arquitetônico assume responsabilidades, afinal, a arquitetura corresponde à intervenção humana no meio ambiente e, ao mesmo tempo em que o projeto tem a capacidade de construir, tem a capacidade de destruir.

O projeto arquitetônico deve valorizar e considerar a qualidade e a análise ambiental como papel estratégico e inicial, buscando tecnologias, materiais e processos, voltados para perspectivas de médio e longo prazo, em busca de melhores resultados e alternativas que gerem menor impacto ambiental.

Como resposta à discussão das problemáticas ambientais, no curso de Arquitetura e Urbanismo não há margem para dúvida de que é sobre as emergências mundiais em busca de um restabelecimento do planeta e que precisamos formar e preparar o futuro profissional para a Eco Arquitetura, que projetam edifícios com menores impactos ambientais, passivos e eficientes.

Dessa forma, para uma arquitetura sustentável é necessária uma integração entre sustentabilidade, metodologia projetual e tecnologia (construtiva e da informação) em experiências de prática, ensino e pesquisa. Assim, no mercado de trabalho, as análises acontecem de forma simultânea com interações entre grandes equipes do projeto e o proprietário. Com essa vinculação e diante dessa estruturação de projetos integrados e completos, os projetos devem valorizar e considerar a qualidade e a análise ambiental como papel estratégico, voltados para perspectivas de médio e longo prazo em busca de melhores resultados e alternativas que proporcionem um menor impacto ambiental.

6 REFERÊNCIAS

AsBEA. Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura. *Guia sustentabilidade na arquitetura: diretrizes de escopo para projetistas e contratantes / Grupo de Trabalho de Sustentabilidade*. São Paulo: Prata Design, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *NBR 15.575: edifícios residenciais: desempenho*. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT. *NBR ISO 14040: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura*. Rio de Janeiro, 2001. 10 p.

BAMB, *Buildings as material banks. Testing BAMB results through prototyping and pilot projects. D-14 – 4 pilots built + feedback report*. 2019. Acesso em 20 de março de 2019:

<https://www.bamb2020.eu/wp-content/uploads/2019/03/20190228-BAMB-D14.pdf>

BAMB, *Buildings as material banks. D12 Feasibility report + feedback report. Testing BAMB results through prototyping and Pilot Projects*. 2017. Acesso em 20 de março de 2019:

https://www.bamb2020.eu/wp-content/uploads/2017/09/D12-feasibility-report-and-feedback-report_web.pdf

- BARBERIO COLELLA ARC. *Just a Minute*, 2015. Acesso em agosto de 2022: <https://www.barberiocolella.it/projects.html>
- BENTO, Ricardo Couceiro. *Análise do desempenho ambiental de estruturas de concreto armado: uso da avaliação do ciclo de vida (ACV) no processo decisório do dimensionamento*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2016.
- CEBRIÁN, M.; ACCINO, J. A.; RAPOSO, M. *Formative evaluation tools within European Space of Higher Education (ESHE): e-Portfolio and e-rubric*. In: *EUNIS conference*, Grenoble, França: junho, 2007.
- COSTA LIMA, H. Tectônica é uma disciplina, uma área ou uma abordagem da arquitetura? In: ENANPARQ, II, 2012. Natal. *Anais...* Natal: PPGAU, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2012
- DURMISEVIC, Elma. *Circular Economy in Construction: Design Strategies for Reversible Buildings*. Holanda, 2019.
- European Committee for Standardization (CEN) - EN 15804. Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products*, 2012.
- Flock design e Okna arquitetura, 2018. Acesso em agosto de 2022: <http://www.flockcircular.com.br/casa-circular-1-atelier/>
- GALLE, Waldo; HERTHOOGS, Pieter. Veranderingsgericht bouwen: ontwikkeling van een beleids- en transitiekader (gemeenschappelijke taal). *Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij, OVAM*, 2015. 20 p.
- LAI, Xiaoxia; GERSHENSON, John K. Representation of similarity and dependency for assembly modularity. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 37, n. 7, p. 803-827, 2008.
- MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. *Cradle to cradle: remaking the way we make things*. China: Melcher Media. 2002.
- MEDEIROS, Renato. Ensino de Arquitetura, o conteúdo tecnológico e a contribuição da abordagem tectônica para o ensino de projeto. III Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo arquitetura, cidade e projeto: uma construção coletiva. *Anais...* São Paulo, 2014.
- MOREIRA, Fernando Diniz; SANTOS, Jéssica Mota. A abordagem tectônica no ensino de projeto. **Revista Projetar-Projeto e Percepção do Ambiente**, v. 4, n. 2, p. 20-35, 2019.
- ROCHA, G.C. *O caráter tectônico do moderno brasileiro: Bernardes e Campelo na Paraíba (1970-1980)*. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). PPGAU, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.
- SEHNEM, Simone; PEREIRA, Susana Carla Farias. Rumo à economia circular: sinergia existente entre as definições conceituais correlatas e apropriação para a literatura brasileira. *Revista Eletrônica de Ciência Administrativa*, v. 18, n. 1, p. 35-62, 2019.
- SOUZA, Fernando Braga de; SERRA, Sheyla Mara Baptista. Fabricação, Montagem e Desmontagem de Instalações Provisórias para Canteiros de Obras. 2017.
- VANDEBROUCKE, M. The use of renewable materials in reversible building design: a literature study. *HISER International Conference 2017: Advances in Recycling and Management of Construction and Demolition Waste*, 2017.
- VAN DEN BERG, Marc; DURMISEVIC, Elma. BIM Uses for Reversible Building Design Identification, Classification & Elaboration. *Vital Cities and Reversible Buildings; Sarajevo Green Design Foundation: Mostar, Bosnia and Herzegovina*, 2017.
- VIVAN, André Luiz; PALIARI, José Carlos. *Design for Assembly* aplicado ao projeto de habitações em Light Steel Frame. *Ambiente Construído*, v. 12, p. 101-115, 2012.
- WANG, K.; REGEL S de; DEBACKER, W.; MICHIELS, J.; VANDERHEYDEN, J. Why invest in a reversible building design? In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2019. p. 012005.
- WITCOVSKI, Lilian Cristine. TRANSDISCIPLINARIDADE DA SUSTENTABILIDADE NO CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO: Conceitos da Análise do Ciclo de Vida para projetos mais sustentáveis. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, 2022.

NOTA DO EDITOR (*): O conteúdo do artigo e as imagens nele publicadas são de responsabilidade do(s) autor(es).