



# INTERFACES ENTRE BIOMIMÉTICA E MODELAGEM PARAMÉTRICA NO ENSINO DE PROJETO: INFERÊNCIAS PARA O ATO CRIATIVO

*INTERFACES BETWEEN BIOMIMETICS AND PARAMETRIC MODELING IN PROJECT TEACHING:  
INFERENCES TO THE CREATIVE ACT*

ÁGABO CARVALHO SILVA  
ANDRÉ LUÍS DE ARAUJO

## RESUMO

O desenvolvimento de tecnologias digitais e as possibilidades de exploração projetual com abordagens mais integradas aos elementos naturais, tem encontrado espaço na arquitetura para caminhos e experimentações que anteriormente, pela ausência de ferramentas adequadas eram limitadas ou impensáveis. A biomimética e a modelagem paramétrica se inserem nesse contexto como recursos potenciais para a inovação em processos criativos e a capacidade de responder aos desafios das complexidades emergentes da arquitetura por essa perspectiva. Todavia, sua difusão tem encontrado dificuldades, haja vista a ausência de instrução computacional entre profissionais, além de epistemologia sobre o real potencial dos computadores enquanto ferramenta no ato criativo. O objetivo do artigo é o de refletir e discutir as interfaces e impactos que a abordagem da biomimética e a modelagem paramétrica podem engendrar sobre o ato criativo no ensino de projeto. Desse modo e a partir de uma abordagem qualitativa e experimental para elucidar tais questões, combinou-se revisão de literatura dirigida e um experimento didático realizado em duas etapas (métodos tradicionais e digitais no processo de projeto) e com dois grupos distintos de alunos (fase inicial e final de graduação). Verificou-se que as barreiras cognitivas em relação à representação foi uma variante desafiante do ponto de vista de implementação no ensino. Entretanto, que implica numa propensão de utilização híbrida dos métodos aplicados nas duas fases denotando que o uso da modelagem paramétrica se tornou mais compatível nas experimentações com a biomimética para a criação se comparado aos métodos e ferramentas de criação no ensino tradicional de projeto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biomimética; Modelagem Paramétrica; Processo de Projeto.

## ABSTRACT

*The development of digital technologies and the possibilities of design exploration with more integrated approaches to natural elements, has found space in architecture for paths ways and experimentation that previously, due to the absence of adequate tools, were limited or unthinkable. Biomimicry and parametric modeling are inserted in this context as potential resources for innovation in creative processes and the ability to respond to answer the challenges of emerging complexities of architecture from this perspective. However, its diffusion has encountered difficulties, given the lack of computational instruction among professionals, as well as epistemology about the real potential of computers as a tool in the creative act. The objective aim of the article is to reflect and discuss the interfaces and impacts that the biomimetics approach and parametric modeling can engender on the creative act in project teaching. In this way and from a qualitative and experimental approach to elucidate such questions, a directed literature review was combined with a didactic experiment carried out in two stages (traditional and digital methods in the design process) and with two distinct groups of students (phase initial and final graduation). It was found that the cognitive barriers in relation to representation was a challenging variant from the point of view of implementation in teaching. However, which it implies a propensity for hybrid use of the methods applied in the two phases, denoting that the use of parametric modeling has become more compatible in experiments with biomimetics for creation compared to creation methods and tools in traditional design teaching.*

**KEYWORDS:** Biomimicry; Parametric Modeling; Design Process.

## 1 INTRODUÇÃO

---

O processo de projeto em arquitetura é considerado por muitos autores (FABRICIO e MOREIRA, 2011; KOWALTOWSKI et al. 2011) como algo complexo de ser compreendido e com variáveis difíceis de serem medidas do ponto de vista das decisões, tendo em vista as relações subjetivas frente a padrões e normas instituídas por procedimentos adotados no decorrer do tempo.

Com o desenvolvimento de tecnologias digitais, especialmente no campo da arquitetura, desenvolveram-se novas formas de se projetar e conceber objetos, que até então, pela ausência de ferramentas adequadas, eram impensáveis ou pouco investigadas. As contribuições de entender todo este contexto, permitem para além da necessidade de compreender os impactos que as mesmas podem gerar na produção da arquitetura, explorar e analisar também as interações e capacidades de dirigir inovações em todas as fases do processo de projeto.

Sabe-se que são inúmeras as possibilidades de exploração projetual no exercício da arquitetura. Nesse sentido, o recorte do artigo se desenvolve a partir da aproximação entre biomimética e modelagem paramétrica, tendo em vista que o desenvolvimento da análise biônica se propõe a integrar diferentes investigações do campo científico além de propor novas práticas e interfaces para a criação de produtos e objetos, independentemente da escala de contextualização. A hipótese é a de que, por processos híbridos (ferramentas manuais e digitais) ou não (apenas tecnologias digitais), pode haver uma maior compatibilidade com as tecnologias digitais se considerado e comparado sua utilização apenas por métodos tradicionais nas fases iniciais do processo projetual.

Desse modo, o artigo tem como objetivo refletir e discutir as interfaces e impactos que a abordagem da biomimética e a modelagem paramétrica podem engendrar sobre o ato criativo no ensino de projeto, além de inferir novos desdobramentos e contribuições para esta área da pesquisa. Ademais, nota-se que sua difusão de forma mais ampla tem encontrado algumas dificuldades ocasionadas principalmente pela ausência de instrução computacional entre profissionais, além de uma ausência de epistemologia sobre o real potencial dos computadores enquanto ferramenta criativa (TERZIDIS, 2006).

O artigo é resultado de uma dissertação de mestrado desenvolvida entre 2018 e 2020 pelo programa de pós graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Uberlândia, e se desenvolve a partir de discussões de autores que permeiam o tema, combinados a um experimento pedagógico realizado em duas etapas (utilizando métodos tradicionais e digitais no processo de projeto) e com dois grupos diferentes de alunos em formação (alunos de fases iniciais e fases finais. Ao final, são apresentadas também as conclusões e inferências visando colaborações e/ou caminhos para o processo criativo na prática da arquitetura, aplicáveis na área tanto ao ensino, atuação profissional ou demais pesquisas.

## 2 O PROCESSO DE PROJETO E A CRIATIVIDADE INTERMEDIADAS PELAS TECNOLOGIAS DIGITAIS

---

O entendimento do processo de projeto está embasado em alguns autores que consideram pertinente a discussão sobre a natureza do projeto arquitetônico. Segundo Cosme (2008) a palavra “projeto” pode-se referir tanto a *“una idea o um deseo, como al proceso y a la serie de operaciones necesarias para definirlos y convertirlos em realidade”*, como ao *“conjunto de documentos que permitirá transmitirlos y materializarlos”*.

Cosme (2008) afirma que é uma sucessão de fases onde o juízo estético subjetivo procura se apoiar de forma sobreposta às sequências anteriores do processo de projeto. Logo, compreende as novas soluções adotadas como uma progressão ou evolução das ideias anteriores, conformando deste modo, uma estrutura ou organização sistemática da atividade; do ato de projetar.

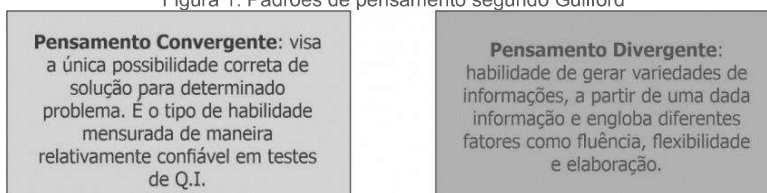
Este processo, pelo qual se constrói uma solução a partir de uma sequência de variáveis que o tornam difícil de ser compreendido, envolve não somente a ação criativa, mas também a formulação de hipóteses, a análise de ideias, as experiências individuais e coletivas e por vezes, particularidades próprias de quem projeta. Configura desafios complexos como compreender com precisão as implicações sociais e psicológicas geradas pelas atividades dos usuários nos espaços projetados. E se torna um procedimento com etapas rigorosas que se assemelham aos princípios pelos quais a ciência, ou a filosofia da ciência, enfrenta em suas questões próprias.

Dado isso, o que se observa atualmente no contexto de produção da arquitetura contemporânea, é a formação de um invólucro ou espectro social que em decorrência da heterogeneização de soluções e demandas cada vez mais complexas, tem originando-se também a necessidade de soluções e ferramentas por vezes complexas. Nesse sentido, o desenvolvimento de ferramentas e tecnologias capazes de dirigir inovações na arquitetura, tem se tornado frequente, afastando a repetição de ideias que tentem colocar como indispensáveis aspectos como “talento nato” ou “acaso”, que por muito tempo configuraram uma estrutura cognitiva e social rígida para o processo projetual, tanto no ensino quanto na prática. Desta forma, de acordo com Kowaltowski et al (2011) validando a ação de explorar novas formas de maneira inteligente e ambientalmente responsável, resolvendo problemas inerentes a todas as suas esferas: funcionais, estéticas, sociais e urbanas (KOWALTOWSKI et al., 2011).

Debates e hipóteses relacionados às formas de se buscar por novas respostas de projeto compreendendo as relações dentro do seu processo, instigaram pesquisadores a perceber a maneira como o fator criativo se configura nas diferentes etapas de concepção de um objeto em exercícios de operações mentais, que posteriormente teve aprofundamento sob o aspecto cognitivo de quem cria.

Seguindo o processo de pensamento pela abordagem cognitiva, Guilford na década de 40, desenvolveu uma teoria da inteligência que por muitos anos, caminhou ao lado dos estudos sobre a criatividade, tendo em vista que embora constituam aspectos relacionados, possuem distinção no campo científico. Assim sendo, a inteligência não reflete a aptidão cognitiva de uma pessoa ou suas habilidades em respostas criativas conforme aponta Alencar (1974). A mesma pode ser distinta entre dois padrões de pensamento (Figura 1).

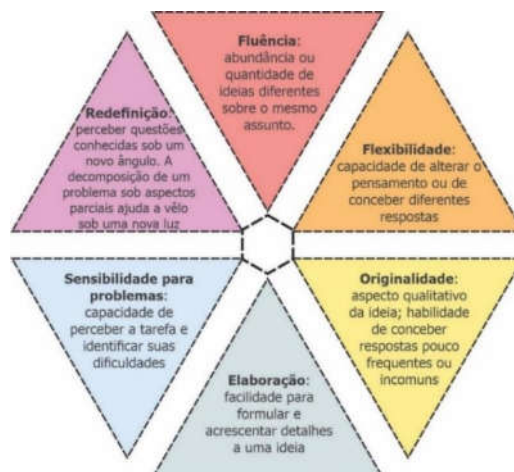
Figura 1: Padrões de pensamento segundo Guilford



Fonte: ALENCAR, 1974. Adaptado pelo autor, 2019

Se analisarmos do ponto de vista crítico, especialmente para o que é inerente ao trabalho do arquiteto e o que envolve o processo de projeto, pode-se inferir que o padrão de pensamento convergente pode encontrar dificuldades de aplicabilidade na atividade de arquitetura. Isso acontece tanto no contexto de formação quanto profissional, os quais se encontram inseridos em uma atmosfera criativa e de soluções tão diversas, que na maior parte do tempo, compreende julgamentos subjetivos (cultura, local, história, opiniões pessoais, etc.). Já para os traços característicos do modelo de pensamento criativo Divergente, Guilford (1968) destaca as seguintes considerações:

Figura 2: Traços característicos definidos por estudos de Guilford (1968) dentro do pensamento criativo



Fonte: KOWALTOWSKI et al., (2011). Adaptado pelo autor, 2019.

A partir do esquema ilustrado (Figura 2) observamos a relação que a fluência, a flexibilidade e a originalidade estabelecem entre si sob o aspecto de maior número de respostas criativas, bem como a qualidade das mesmas e o fato de estar ou não relacionadas com uma resposta inovadora e original. Tais aspectos são relevantes ao se analisar cognição em criação, pois podem se constituir como parâmetros de verificação na associação ao surgimento de novas ferramentas de produção, haja vista as transformações sociais frequentes que estamos inseridos na busca por tecnologias melhores.

Como em arquitetura existe uma grande quantidade de variáveis, é fundamental desenvolver métodos de projeto de modo que se estruture o problema e o decomponha em seguida, a fim de se obter partes mais manipuláveis e com maior consciência do problema. Isso permite um maior controle do processo e facilita a emergência de ideias (KOWALTAWSKI et al., 2011).

Muitas ferramentas são utilizadas na fase de geração de ideias. Em arquitetura por exemplo, é comum e tradicional utilizar diferentes ferramentas de expressão, sejam eles manuais ou digitais (desenho técnico, desenho livre e protótipos). Kowaltowski et al., (2011) entende que, todavia, existem poucas ferramentas de auxílio à criação, haja vista que a maioria dos métodos existentes tenham foco apenas no desenvolvimento posterior de uma solução gerada. Essa situação cria uma espécie de vazio na construção de um suporte às decisões iniciais de um projeto e que por vezes, comprometem o desenvolvimento do projeto ou propõe de forma correta, soluções para os problemas errados ou irrelevantes.

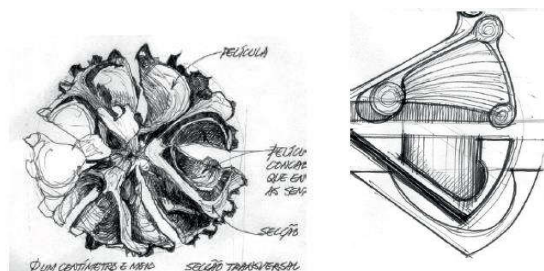
A crescente utilização dos meios digitais disponibilizados e utilizados em diferentes fases do projeto e da construção, impulsionou uma renovação de seus métodos por grandes nomes da arquitetura, que passaram a adotar, de forma híbrida, tais recursos tecnológicos com as técnicas até então manuais. De um modo geral, o uso dos meios digitais tem se conformado como um ponto central na geração da forma e na análise estrutural, bem como para a integração entre o processo de concepção, a fabricação e a construção já a partir das fases iniciais de projeto.

Vejamos então no tópico a seguir o caso das tecnologias que utilizam a modelagem paramétrica frente as possibilidades de utilização da mesma num contexto de inovação para a exploração formal apoiados por recursos digitais. Além disso, elucidar as aproximações entre biomimética e modelagem paramétrica tomando a biônica como uma ciência compatível com a aplicação de tais recursos.

### 3 BIOMIMÉTICA E MODELAGEM PARAMÉTRICA

Na década de 1960, a biônica surgiu com o objetivo de descobrir possibilidades e princípios que pudessem de algum modo, se associar à tecnologia, estudando de maneira sistemática os sistemas vivos ou que fossem assimiláveis pelos vivos. A biônica como uma metodologia de análise/abstração, além de uma ciência universal, compreende também uma estreita cooperação de profissionais e técnicos especializados em diferentes áreas (biologia, fisiologia, psicologia, biofísica, cibernética, matemática, eletrônica, engenharia, entre outras), haja vista as relações de auxílio mútuo para obtenção de soluções. Além disso, constitui importante auxílio na busca de respostas projetuais baseado nas informações e abstrações (Figura 3) obtidas pelas relações que diferentes materiais biológicos estabelecem com o espaço (estudos de caráter mecânico, energético, acústico e ótico), com o objetivo de criar melhores condições materiais para a vida humana (HSUAN-NA, 2018).

Figura 3: Sínteses e Análises Diversas de estudo da casca de um fruto



Fonte: HSUAN-NA, 2018

Nesse sentido, as conexões de aspectos abstratos ou concretos ligados aos elementos naturais que compreendem uma existência, constroem e transformam as percepções estéticas e segundo Vassão (2016),

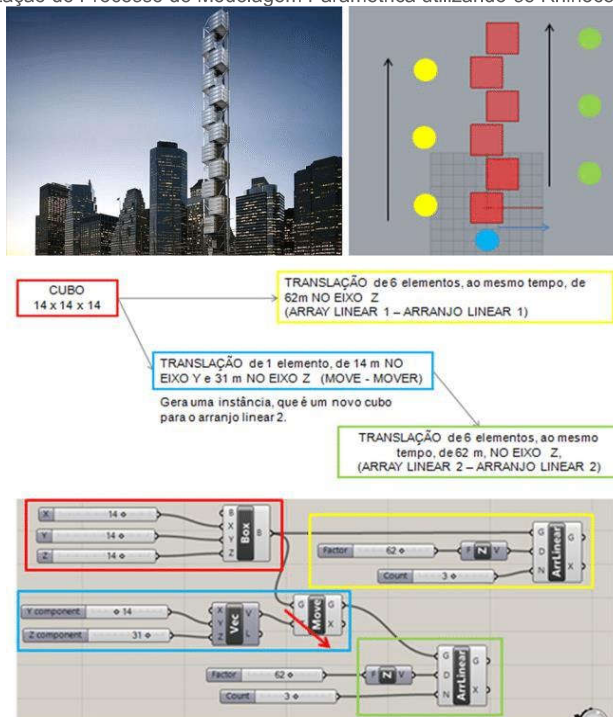
“impõe que se elabore o ecossistema por meio da topologia”. O autor também acredita que da mesma forma, para o metadesign, termo designado para explicar a capacidade de projetar o próprio processo de projeto, a topologia representa um meio eficiente para a descrição do processo criativo e seus produtos. E mais, citando Piaget (et. al, 1969), representa também um modo basal pela forma como se compreende os espaços e as relações compositivas que acontecem na natureza e no mundo tecnológico.

E é por meio desse contexto, com diferentes pesquisas desenvolvidas no século XX, que surge o termo Biônica e o mesmo se consolida como uma ciência. Em debates e reflexões mais contemporâneas, especialmente do que se trata complexidade de projetos e sustentabilidade, observaremos a utilização de outros termos como Biolerning, Bioinspiração e Biodesign, sendo que hoje talvez o mais difundido seja a Biomimética (AGUIAR, 2015). A biomimética compreende níveis de abstração e síntese em perspectivas, por vezes difíceis, e considerando o entendimento de Vassão (2016) sobre ecossistemas, o autor reafirma a condição do uso de meios digitais para tal. Para o autor, é importante reconhecer que os ecossistemas superam as investigações centradas no estudo de ecologia, sustentabilidade e preservação ambiental. Ele estende esse conceito com novas abordagens, considerando as sociedades humanas e suas criações tecnológicas, as cidades e as políticas locais/globais, e entendendo-as como elemento fundamental para a transformação e apropriação das ferramentas de elaboração e comunicação quanto as questões ecológicas.

Dado isso, e com base no entendimento de processos de projeto em tempos de transformações tecnológicas, que se relaciona então, biomimética, metadesign e design computacional. Ao se apropriar dos elementos que estruturam tais conceitos, temos uma combinação entre metodologias e ferramentas que de forma e caráter transdisciplinar, possibilitam o que para Vassão (2010) abarca um “espaço de possibilidades”, gerando alternativas inovadoras na proposição de espaços e produtos melhores que participam das experiências do ser humano.

Neste contexto, a modelagem paramétrica se apresenta então como uma proposta tecnológica visando resolver os problemas de representação tridimensional que pela modelagem utilizada em softwares que não operam sobre esta lógica, caminhou por muito tempo com limitações para a criação de modelos complexos que combinava superfícies de diferentes tipos. Além disso, considerando os graus de abstrações abordados pela Biônica enquanto ciência, a tecnologia representa então uma ferramenta com grande potencial de suporte e investigação em seus processos, uma vez que dispõe de uma série de recursos na exploração e experimentação de protótipos virtuais, ainda mais quando estas têm como partido a utilização de formas orgânicas ou não euclidianas.

Figura 4: Sistematização do Processo de Modelagem Paramétrica utilizando-se Rhinoceros3D e Grasshopper



Fonte: PIRES et al. 2016

É comum ao se pesquisar a definição de Modelagem Paramétrica, deparar-se com diversas abordagens e ênfases sobre o assunto. Mas de acordo com Monedero (2000), a mesma pode ser conceituada como a utilização de parâmetros para definir e controlar a forma do objeto (Figura 4). Apesar das diferentes abordagens sobre o tema não representarem uma contradição entre si, existe um elemento comum à todas elas: a possibilidade de geração de geometrias complexas, situação que ocorre em processos de estudo da forma associados a biomimética. “Pode-se vê-la como: uma subárea da Computação Gráfica (HOFFMAN; JOAN-ARINYO, 2002), um recurso de modelagem para viabilizar a implementação de ferramentas BIM (EASTMAN et al., 2011), um recurso para gerar e controlar formas complexas (BURRY; MURRAY, 1997), uma ferramenta com potencial para geração semiautomática de formas” (AISH; WOODBURY, 2005)

Kolarevic (2003, apud. FLORIO, 2012), acredita que a aplicação dessas novas técnicas de modelagem geométrica e fabricação digital na construção de edifícios, nos alertam sobre a necessidade e a importância conhecer mais sobre geometrias não euclidianas, topologia, parametrização e NURBS (Non Uniform Rational Beta Splines). Para ele, os exemplos do que recentemente se tem produzido na arquitetura internacional, representa de forma clara que a modelagem paramétrica e a fabricação digital têm amparado engenheiros e arquitetos na renovação dos modos de se produzir e construir.

Apesar da possibilidade de se hibridizar um processo de exploração formal como a biônica se propõe, junto ao suporte tecnológico disponibilizado pela modelagem paramétrica que alcança inúmeros caminhos para além do ato criativo, são desconhecidos ou desafiadores a necessidade de domínio computacional na combinação de tais recursos visto a sua complexidade cognitiva para aprendizagem e aplicação.

#### **4 O MÉTODO E A EXPERIÊNCIA PARA A OBTENÇÃO DOS DADOS.**

---

Para a obtenção dos dados do artigo, utilizou-se de reduções de natureza qualitativa e experimental, que desenvolveu-se combinando a revisão de literatura especializada e a construção de um experimento pedagógico por meio de um workshop.

O delineamento qualitativo foi estabelecido, pois ancora as relações da pesquisa com multimétodos em foco, abordando o objeto de análise com ênfase em seus ambientes naturais, observando e interpretando as informações de uma maneira holística, buscando não extrair as amostras de seus respectivos contextos. Utiliza-se também estratégias específicas a partir de um recorte na análise de um determinado grupo, compreendendo suas particularidades e modelando hipóteses constantemente (GROAT e WANG, 2013).

A revisão de literatura especializada foi adotada de modo a delinear o estado da arte e as lacunas científicas da área, estudando as principais publicações sobre métodos e processos de projeto e sua relação com a forma, aspectos cognitivos de criação e, posteriormente, tendências contemporâneas do Design Computacional. No caso da busca de teses, foram priorizadas as publicações mais recentes, a fim de se obter as bases iniciais para o desenvolvimento do Capítulo Um, Dois e Três (GIL, 2008).

Já a redução científica experimental, buscou por meio de um experimento pedagógico, compreender os impactos da modelagem paramétrica no ato criativo. Neste caso, foi selecionado um objeto experimental, elencando variáveis capazes de influenciar a proposição deste objeto, além de definir as formas de controle e os parâmetros a serem observados durante o experimento.

A partir do objeto experimental, determinou-se duas amostras de alunos de arquitetura, sendo a primeira delas composta por estudantes em estágios iniciais – grupo 1 (alunos do 3º ao 5º período), entendendo que nesta fase do curso, o subsídio de referências teóricas e projetuais ainda não foram amplamente difundidas e consolidadas na formação do estudante. Para a segunda amostra, foram escolhidos estudantes de estágios finais da graduação – grupo 2 (alunos do 7º ao 10º), compreendendo que, nesta fase, a maioria das disciplinas foram integralizadas e o processo de projeto pode ser desenvolvido cerceado de um repertório de referências e experiências anteriores.

O experimento consistiu na realização de um workshop, ministrado para os dois grupos simultaneamente, que, posteriormente, foram separados para a realização de um exercício (individual ou de dupla), visando eliminar as influências entre si. O controle utilizado, consistiu em um exercício de projeto em escala reduzida, de modo que se contextualizasse a compreensão das percepções individuais e subjetivas que configuram o grupo em duas fases. Desse modo, foi possível fazer uma comparação, tanto entre os grupos, quanto entre as fases do exercício, mediante a inserção das variáveis. Essa separação aconteceu para a observação de uma possível influência do repertório de conhecimentos e práticas adquiridas na trajetória durante a graduação na resposta do exercício. Nesta etapa, foi essencial compreender como os indivíduos perceberam suas próprias circunstâncias.

Como variável independente (tratamento), utilizou-se as estratégias de ensino, que, na primeira fase do experimento pedagógico, consistiram de ferramentas tradicionais para o processo de projeto (croquis, maquetes físicas e/ou maquetes eletrônicas caso algum aluno de modo espontâneo queira utilizar), seguido, na segunda fase, da inserção da modelagem paramétrica no desenvolvimento do exercício. A variável dependente, sobre a qual incidiu o resultado, foi o próprio exercício de projeto, idêntico em ambas as fases e que consistiu na produção de um equipamento urbano de pequena escala (pavilhão) desenvolvido por abstrações de forma inspiradas no processo de análise biônica.

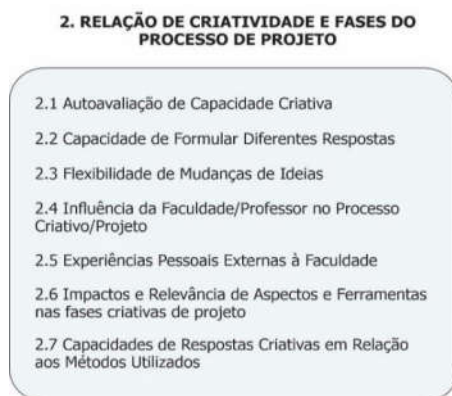
A escolha pela inserção da análise biônica no exercício de projeto, tanto da primeira fase, quanto da segunda, se deu pelo fato de ser um processo de abstração focado no estudo da forma (objeto relevante desta investigação) em que há possibilidades de exploração, sejam por métodos tradicionais, sejam pelo uso de modelagem paramétrica. Além do mais, os recursos computacionais trazidos pelos aplicativos garantiram opções menos limitadas de recursos na exploração das formas complexas se comparado aos processos manuais, podendo ser uma possibilidade de contribuição nas análises e verificações do ponto de vista cognitivo para o ato criativo.

O objetivo do experimento foi avaliar, comparar e construir hipóteses sobre a inserção incremental da modelagem paramétrica e de fundamentos da biomimética no processo de projeto arquitetônico, frente ao modelo, excluídas as pretensões de generalização amostral. O workshop com o tema “ARQUITETURA BIOMIMÉTICA: Inferências Sobre A Inserção Incremental da Modelagem Paramétrica”, foi desenvolvido em dois dias nos dois turnos (matutino e vespertino) e totalizou 16 (dezesesseis) horas de duração com uma média de 24 (vinte e quatro) participantes.

Os participantes foram recrutados por meio de divulgação em centros acadêmicos e coordenações de cursos de diferentes faculdades de arquitetura, que foi composto por estados da região sudeste e centro-oeste, contexto pela qual foi desenvolvida a pesquisa. Por ter sido realizado de forma totalmente virtual em transmissão remota, foi possível reunir alunos de São Paulo, Minas Gerais e Goiás, de diferentes cidades e faculdades, o que permitiu uma maior difusão de processos cognitivos socialmente replicados por suas instituições de origem, dinamizando as referências formativas em suas abordagens “individuais” e integrando-as como elemento diversificador nas técnicas possibilidades para a realização da atividade.

A divisão em duas etapas, ministradas em dois sábados sequenciais, aconteceu visando traçar exercícios com técnicas diferentes e que possibilitaram a concretização da análise comparativa. Desse modo, em um sábado foi adotado o modelo tradicional de processo de projeto e as possibilidades projetuais por meio das técnicas de análise biônica, e no outro, a inserção incremental da modelagem paramétrica por meio de um treinamento no aplicativo “Rhinoceros 3D” e “Grasshopper”, ambos, em sua última versão (Rhino 6). Foi aplicado um questionário entre os participantes ao final de cada uma das etapas sob diversos eixos temáticos dos dados que foram coletados para a pesquisa ampla (dissertação). Utilizou-se para este artigo o recorte temático que relaciona a criatividade na experiência.

Figura 5: Recorte do eixo temático da pesquisa ampla avaliados por questionários



Fonte: O próprio autor, 2020

O questionário utilizado e aplicado, foi desenvolvido utilizando-se de perguntas e opções de respostas que variaram seu formato de modo que melhor se adequassem aos dados que se pretendia obter. Considerando o caráter qualitativo delineado na experiência da pesquisa, utilizou-se parâmetros abertos na maioria das questões, construindo respostas e análises com abordagens mais naturais e particulares do contexto de cada

amostra. As questões estruturadas permitiram responder os objetivos da pesquisa e traçar hipóteses sobre o tema, sendo aplicadas em duas fases e em sua maioria, com o mesmo enunciado, de modo que se permitisse uma comparação da 1ª e 2ª etapa do experimento.

Neste eixo temático, buscou-se explorar as relações que a amostra dentro do contexto da pesquisa, estabelece com os aspectos da criatividade e as fases que cada um em suas próprias experiências, se estruturam no desenvolvimento do projeto. Analisou-se as percepções sobre a criação em arquitetura, a quantidade de respostas projetuais e a flexibilidade de mudanças durante as decisões que envolvem o estudo preliminar arquitetônico, além de verificar ferramentas e fatores externos que possam influenciar essas relações.

Observou-se primeiramente por meio das médias de cada grupo da amostra (média de 0 a 10) a capacidade criativa segundo seus próprios julgamentos das experiências vividas até a primeira etapa da pesquisa

## 5 O EXPERIMENTO PEDAGÓGICO: PAVILHÃO URBANO DE PEQUENA ESCALA

Considerando as diferentes fases e combinações de táticas metodológicas, a análise biônica norteou o processo de experimental formal dentro da proposta projetual onde os mesmos deveriam através de abstrações e sequenciamentos diversos do elemento natural escolhido, propor um pavilhão urbano de pequena escala e baixa complexidade. Dentre alguns resultados, a sequência de imagens no decorrer deste tópico, representam alguns produtos da experiência comparando o processo, o antes e o depois da inserção incremental da modelagem paramétrica.

Figura 6: Produtos finais de primeira e segunda etapa do experimento



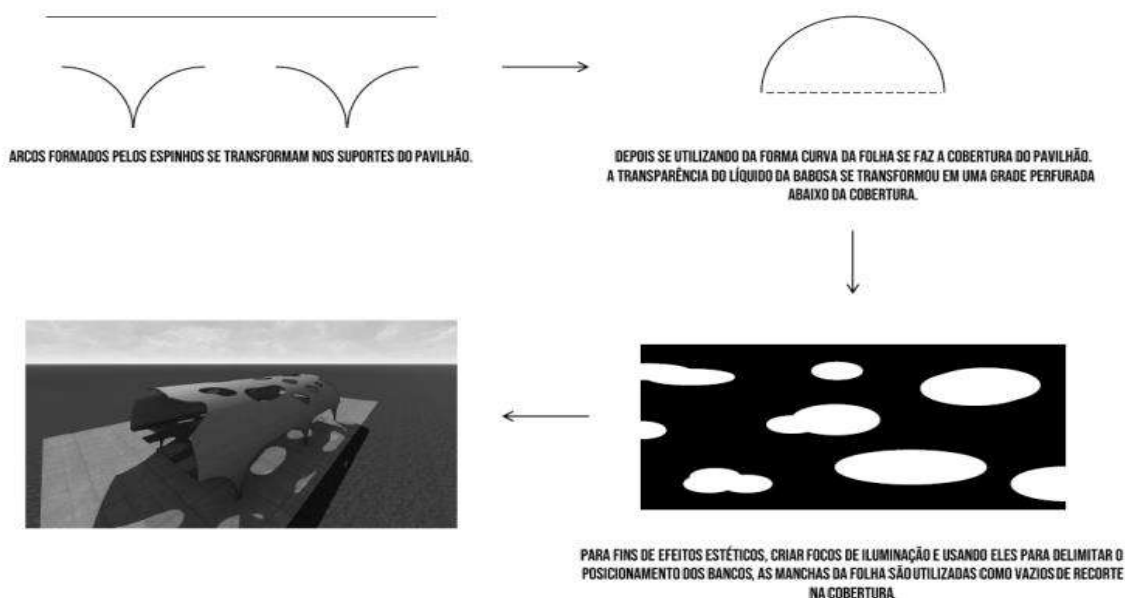
Fonte: O próprio autor, 2020

No exemplo a seguir (Figura 7), em uma das respostas projetuais, o aluno utiliza a babosa (elemento vegetal) como base para sua inspiração no processo de análise biônica, e em suas sínteses, se apropria de ferramentas de desenho bidimensional e digital comum aos processos tradicionais. Na sequência, chega a



uma resposta projetual, utilizando-se de ferramenta de modelagem virtual não paramétrica (Sketchup) para sua proposta.

Figura 7: Processo Formal com análise biônica da Babosa desenvolvido na primeira etapa



Fonte: O próprio autor, 2020

No exemplo demonstrado anteriormente (Figura 7), o aluno utiliza a babosa (elemento vegetal) como base para sua inspiração no processo de análise biônica, e em suas sínteses, se apropria de ferramentas de desenho bidimensional e digital comum aos processos tradicionais. Na sequência, chega a uma resposta projetual, utilizando-se de ferramenta de modelagem virtual não paramétrica (Sketchup) para sua proposta.

Figura 8: Resultado final da proposta de pavilhão que utilizou a babosa na primeira etapa do experimento



Fonte: O próprio autor, 2020

Apesar de o elemento biônico (babosa) não ter mudado na segunda etapa do experimento, nota-se que o processo utilizado para suas decisões na fase inicial é bem parecido com o apresentado na primeira etapa. Nesse sentido, observa-se que apenas para as decisões finais da resposta projetual no contexto abordado, é que o aluno se apropria de respostas com aspectos interessantes para o que se analisa neste artigo (as abordagens da biomimética e a sua compatibilidade com os elementos da modelagem paramétrica).

As principais mudanças se concentram no formato final da proposta e no banco proposto (Figura 9), que foi incorporado em sua geometria, não sendo mais colocado como um elemento a parte conforme observado na

primeira proposta. O aluno apresenta um resultado com mais fluidez estética em relação a organicidade do processo de síntese e linguagem adotada.

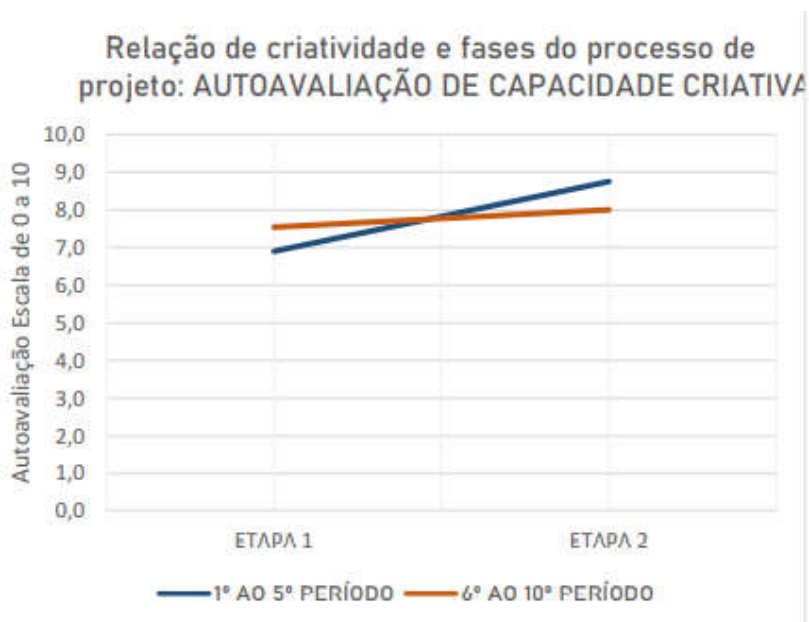
Figura 8: Resultado final da proposta de pavilhão que utilizou a babosa na segunda etapa experimento através da modelagem paramétrica



Fonte: O próprio autor, 2020

Na busca por compreender os impactos que o desafio proposto no experimento impactaria sob o aspecto da criatividade no processo de projeto, avaliou-se as percepções individuais sobre a criação em arquitetura, a quantidade de respostas projetuais e a flexibilidade de mudanças durante as decisões que envolvem o estudo preliminar arquitetônico, além de verificar ferramentas e fatores externos que possam influenciar essas relações. A avaliação foi feita por questionário com respostas abertas que utilizassem uma escala avaliativa de 0 a 100. Entretanto, antes de iniciar as perguntas do eixo, verificou-se primeiramente por meio das médias de cada grupo da amostra, a capacidade criativa segundo seus próprios julgamentos das experiências vividas até a primeira etapa da pesquisa (Figura 9).

Figura 9: Autoavaliação de capacidades criativas



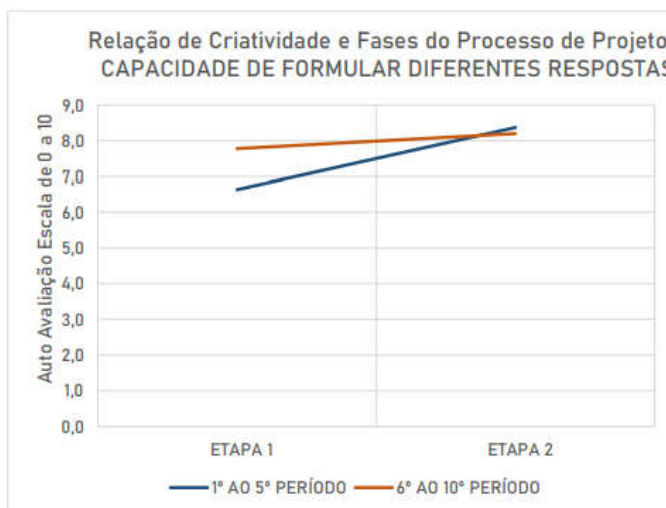
Fonte: O próprio autor, 2020

Foi possível perceber que os alunos dos estágios iniciais se apontaram com menor capacidade criativa se comparado a média dos alunos em estágios finais. Por essa perspectiva, essa questão talvez se apresente assim, pelo fato de que a falta de experiência na prática de projeto e a ausência natural de um referencial que ainda está em processo de construção, seja menos amadurecida se comparado a quem já esteja mais ao final de sua formação. Além disso, diversos autores, entre eles Kowaltowski et al. (2011), compreendem a criatividade como um mecanismo que além de combinar fatores complexos, tenham um objetivo e uma resolução bem construída, sem necessariamente ser uma novidade ou algo original.

Um aspecto interessante dessa avaliação, é que o impacto da experiência para os alunos de estágios finais não é tão expressivo se comparado a quem está mais ao início. Isso também pode ser observado quando analisado as relações dos traços característicos do pensamento criativo segundo os estudos do tema

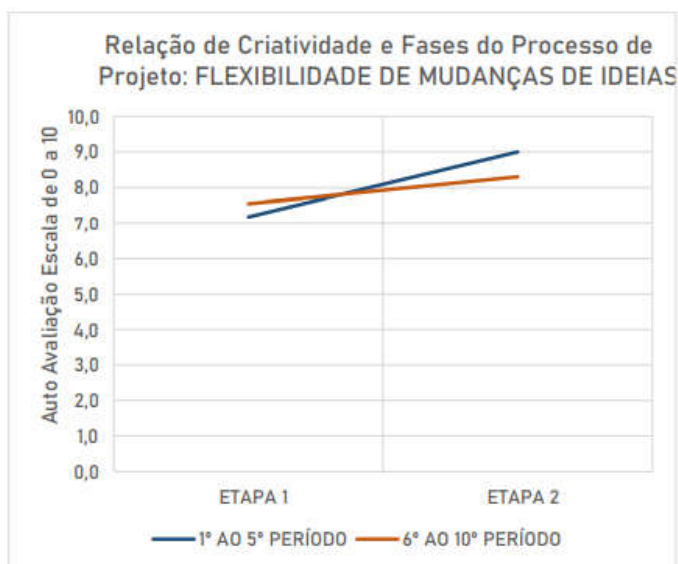
apontados por Guilford (1968). Nesse sentido, foram analisados respectivamente a capacidade de formular diferentes respostas (Figura 10) e a flexibilidade de mudanças de ideias (Figura 11).

Figura 10: Autoavaliação da capacidade de formular diferentes respostas em fases criativas do processo de projeto



Fonte: O próprio autor, 2020

Figura 11: Avaliação de flexibilidade de mudanças de ideias em fases criativas do processo de projeto

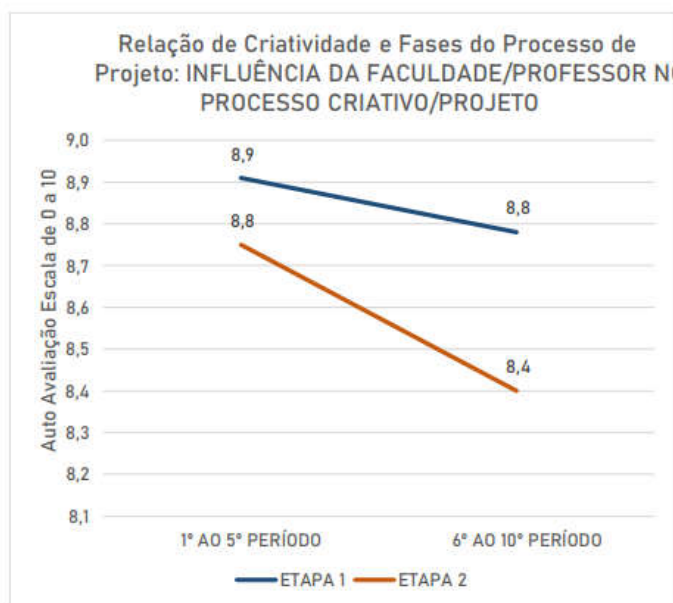


Fonte: O próprio autor, 2020

Essa situação nos leva a refletir sobre o fato de que a criatividade se apresente como um elemento de mais possibilidades de estímulos e transformação, para quem ainda esteja amadurecendo o processo de projeto da forma como ele foi estruturado socialmente. Outro ponto a ser destacado, é que o conhecimento de novas ferramentas e tecnologias para o processo de projeto, ainda que represente um fator de menor influência para o grupo 2 em comparação ao grupo 1, em ambos, o mesmo se apresenta como um agente catalisador dos traços característicos da criatividade segundo a avaliação.

Nesse contexto, e ainda seguindo a análise em relação a tais traços, os agentes externos também se apresentam como uma informação complementar da sequência de análise anterior. Os grupos foram questionados sobre a influência exercida pelo professor ou pela instituição da qual fazem parte, em suas decisões projetuais durante a processo de criação.

Figura 12: Avaliação da influência da faculdade/professor no processo criativo/projeto



Fonte: O próprio autor, 2020

Conforme observado na imagem acima (12), verifica-se que na primeira etapa do experimento, os alunos do grupo 1 atribuíram uma nota maior na média que avalia essas relações de influência, se comparado aos alunos do grupo 2. Já na segunda etapa, tais notas em ambos os grupos representam uma queda, o que nos permite inferir algumas questões sobre os impactos provocados pelo conhecimento de modelagem paramétrica e biomimética como possibilidade de ferramentas para o processo de projeto.

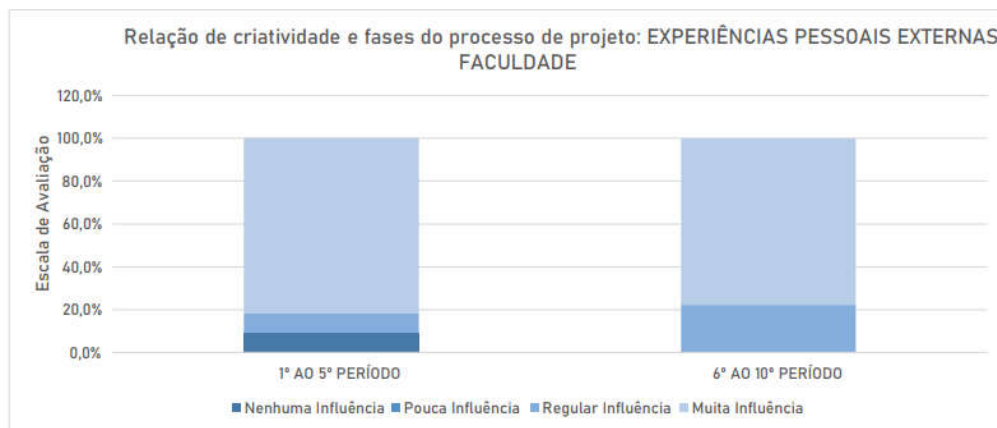
Dentre essas inferências, podemos dizer que essas relações podem indicar no contexto abordado, uma ampliação na sensação de autonomia e controle das decisões nos processos de projeto. Essa é uma característica do que acontece segundo Kowaltowski et al. (2011), quando se desenvolve ou conhece métodos que permitam uma melhor estruturação do problema. Dessa forma, permitindo que através de tal decomposição, obtenha-se partes mais manipuláveis além de melhor clareza e consciência sobre as soluções a serem tomadas.

Todavia, é importante ressaltar que mesmo que haja uma diminuição dessa influência mediante as variáveis utilizadas, a média apresentada representa fator relevante ao se avaliar didática de ensino em criação durante os processos de projeto em arquitetura. Isso acontece porque mesmo que não haja propositalidade, tais fatores ainda constituirão subjetividades presentes e atribuídas aos aspectos cognitivos da criatividade, e por conseguinte, nas respostas projetuais. Dessa forma, o desafio possivelmente se concentre no aumento de autonomia para o projetista durante a formulação de respostas criativas, e a diminuição do que se conforma como um ciclo problemático e contínuo dos projetos de arquitetura.

As relações externas de influência fora do ambiente de formação também foram questionadas, e dentro disso, avaliadas pelos parâmetros segundo os quais os alunos mais se identificavam em relação à etapa de criação. Sabe-se que os agentes externos compõem o núcleo de conhecimento no processo cognitivo de projeto (FABRICIO E MELHADO, 2011), que se utiliza de formações e experiências anteriores na mediação da criatividade e do desenvolvimento de soluções projetuais.

Nesse sentido os grupos responderam com base nas escalas de influência demonstradas pela Figura 13. Conforme se observa, verifica-se que para a maioria dos participantes, há a predominância da “muita influência” ou “regular influência” dos agentes mencionados. Isso evidencia os aspectos pelo qual se referência a pesquisa, demonstrando que a base pela qual se constrói a estrutura do pensamento criativo, é complexo e considera múltiplos fatores.

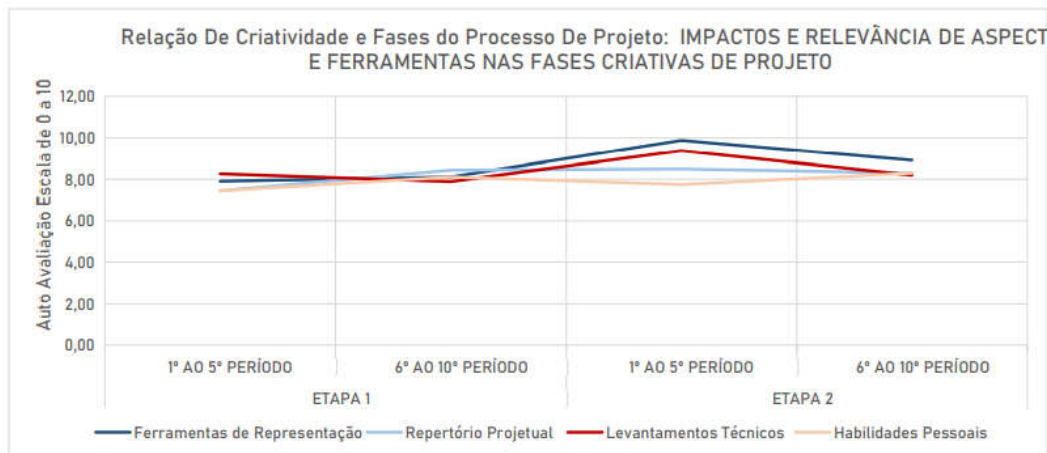
Figura 13: Avaliação da influência de experiências pessoais externas à faculdade no processo de projeto



Fonte: O próprio autor, 2020

Seguindo ainda sobre os elementos de relevância, tanto em aspectos quanto em ferramentas abordadas durante as fases criativas de projeto, outras questões importantes também foram levantadas. A figura 14 nos mostra que para ambos os grupos avaliados, as habilidades pessoais não representam um elemento decisivo para a criatividade em um exercício de projeto. Desse modo, é possível perceber uma desmistificação sobre a percepção dos próprios alunos, de que a arquitetura ou as habilidades para ser um arquiteto não possa ser treinada e/ou aprendida, eliminando possíveis bloqueios criativos em decorrência disso como fator subjetivo do processo.

Figura 14: Avaliação da relevância de aspectos de impacto e representação nas fases criativas de projeto



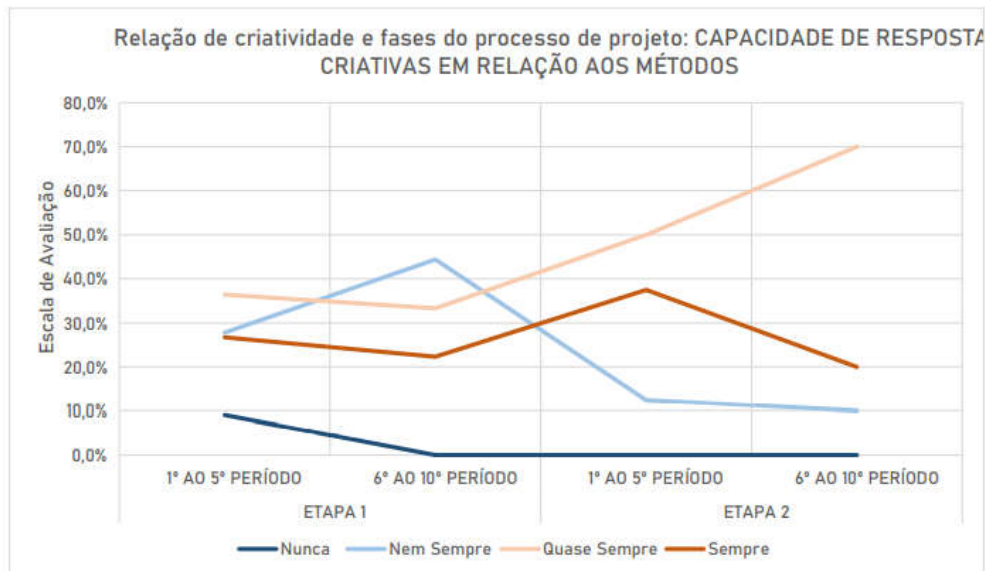
Fonte: O próprio autor, 2020

Nota-se que de modo geral, após a experiência, excluindo-se o aspecto abordado anteriormente (habilidades pessoais), os outros elementos sofrem influência de alguma forma, elevando as notas atribuídas pela amostra segundo suas respostas. Todavia, os itens de maior impacto foram respectivamente, ferramentas de representação e levantamentos técnicos, além de ser apontado o uso de sensibilidade poética e o conhecimento de questões sociais e culturais como fatores de contribuição para a criação.

Fabricio e Melhado (2011) apontam a “representação e comunicação” como uma das habilidades intelectuais segundo os autores que estudam a ciência cognitiva, sendo a fase do processo cognitivo de projeto, responsável por apresentar as soluções desenvolvidas em processos de sínteses anteriores. Nesse sentido, alguns alunos também justificaram suas escolhas, apontando que de uma maneira mais ampla, o conhecimento e o aprimoramento de ferramentas avançadas de representação bi e tridimensional, permitem uma maior clareza de visualização ao criador e/ou expectador.

Desse modo e em relação ao que foi observado, podemos afirmar que há uma conexão entre a capacidade de respostas criativas nas fases de decisões, em detrimento do método segundo a avaliação da amostra. Isso porque ao comparar-se as duas etapas, nota-se que houve um aumento expressivo entre os que antes indicavam não haver essa dependência ou que a mesma não se configurava como tão relevante (Figura 15).

Figura 15: Avaliação da relevância de aspectos de impacto e representação nas fases criativas de projeto



Fonte: O próprio autor, 2020

O grupo 2, que em levantamentos anteriores se apresenta como uma parte da amostra com menor incidência de impactos em relação aos aspectos estruturais do processo criativo, se posicionam com uma maior avaliação ao serem questionados sobre o assunto. Tal situação indica uma espécie de conflito num duelo entre o amadurecimento cíclico do processo social cognitivo de projeto, com os caminhos possibilitados pelas novas tecnologias, no entanto, com abertura e diálogo por meio da utilização híbrida de recursos neste contexto.

## 5. CONCLUSÃO

Os dados do referencial literário, demonstraram uma vasta relação de elementos que compreendem o invólucro do processo projetual e suas relações com a arquitetura digital. Ficou claro que apesar de muitas discussões a respeito, ainda há muito a ser explorado no campo experimental visando conciliar experimentos práticos com as reflexões teóricas. Porém é fato que a velocidade com que ocorrem as transformações no campo tecnológico, parecem ter chegado à um ritmo diferente do que seria necessário para sua implantação com maior domínio e clareza.

Essas diferenças atingem especialmente o ensino, uma vez que seria necessárias constantes atualizações das matrizes curriculares pedagógicas, além de um perfil profissional didático que tivesse suporte para se inserir nessas transições em resposta às demandas da sociedade.

O experimento avaliou que os impactos das abordagens nos dois grupos, aconteceram de forma diferente se considerado a relação dos estágios de formação para a maioria dos aspectos avaliados. Os resultados permitiram concluir que, para ambos os grupos, a modelagem paramétrica e a biomimética representam campos de inovação com importantes recursos para o processo criativo.

Com relação à criatividade durante as fases criativas de projeto, o grupo 1 se mostrou mais flexível as mudanças que estruturam as modificações na evolução de ideias, mesmo se autoavaliando como menos criativos na primeira etapa. No grupo 2, apesar dos índices de impacto terem aumentado após a experiência, a incidência foi um pouco menor, no entanto, revelando o potencial que as abstrações pelo estudo da biônica e da modelagem paramétrica tem para a exploração formal em criação.

Os alunos demonstraram um maior vislumbre por projetos que em sua volumetria, apresentem reflexos do que a modelagem paramétrica possibilita em termos técnicos e de complexidade formal. É como se de forma geral, as mesmas pudessem gerar uma interação diferente com os usuários, modificando a forma como o corpo dessas edificações se conectam com a cidade e associando-as à ideia de inovação, principalmente pelo caráter de soluções emergentes demandados pela arquitetura contemporânea e a dimensão simbólica do que a tecnologia representa.

## 6 REFERÊNCIAS

---

- ALENCAR, E. S. **Um estudo de criatividade**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2ª edição. 1974.
- AGUIAR, Rafael Rattes Lima Rocha. **Biomimética aplicada ao Metadesign: geração de máquinas abstratas com base no estudo do Mandacaru**. Dissertação de Mestrado. UFPE, 2015. Acesso em: agosto de 2020. Disponível em: <encurtador.com.br/gjuFM>.
- COSME, A. M. **“El Proyecto de Arquitectura. Concepto, proceso y representación”**. Barcelona: Editorial Reverté, 2008.
- FABRICIO, Márcio M.; MELHADO, Silvio B. **O processo cognitivo e social do projeto**. In: KOWALTOWSKI, Doris C.C. K., MOREIRA, Daniel de Carvalho, PETRECHE, João R. D., FABRICIO, Márcio M. (orgs.). O processo de projeto em arquitetura. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- FLORIO, Wilson. **Notas sobre pensamento e cognição em projetos paramétricos**. In: II Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Teorias e práticas na Arquitetura e na Cidade Contemporâneas. Natal: PPGAU UFRN / ANPARQ, 2012. p. 1-20.
- GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Editora Atlas S.A 4ª edição, 2008. p. 41, 59 e 137.
- GROAT, L. N. e WANG, D. **Architectural Reserch Methods**. 2 Ed. New York: Wiley, 2013
- GUILFORD, J. P. **Intelligence, Creativity and their Educational Implications**. San Diego: Robert R. Knapp, 1968.
- HSUAN-AN, Tai. **Método de Análise Biônica no Ensino de Design e Arquitetura**, p. 35 -49. In: Métodos e Processos em Biônica e Biomimética: a Revolução Tecnológica pela Natureza. São Paulo: Blucher, 2018. <https://doi.org/10.5151/9788580393491-02>
- KOWALTOWSKI, Doris C. C. K., BIANCHI, Giovana e PETRECHE, João R. D. **A criatividade no processo de projeto**. In: '134 KOWALTOWSKI, Doris C.C. K., MOREIRA, Daniel de Carvalho, PETRECHE, João R. D., FABRICIO, Márcio M. (orgs.). O processo de projeto em arquitetura. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- PIRES, et al. **Taxonomias de Geometria da Arquitetura Contemporânea como elementos didáticos para a prática do projeto paramétrico**. Artigo apresentado ao Congresso SIGraDI Cuba 2016. Buenos Aires, Argentina. Acesso em setembro de 2020. Disponível em: < encurtador.com.br/cfrtO>. <https://doi.org/10.5151/despro-sigradi2016-52>
- POLONINI, Flávia Biccass da Silva. **A modelagem paramétrica na concepção de formas curvilíneas da Arquitetura Contemporânea**. Dissertação de Mestrado. Salvador, Bahia, 2014.
- TERZIDIS, K. **Algorithmic Architecture**. First ed. Oxford: Elsevier, 2006
- VASSÃO, Caio. **Uma Abordagem para o Entendimento do “Ecossistema” como Objeto de Conhecimento e Ação Prática: o uso do “Metadesign” como ferramenta para uma pragmática ecológica**. II Simpósio Interdisciplinar de Ciência Ambiental. USP, 2016. Acesso em setembro de 2020. Disponível em: < [https://caiovassao.com.br/contentreferral/2018/09/Ecossistema-e-Metadesign\\_SICAM2016\\_Caio-Vassa%CC%83o\\_30-08-2016-1.pdf](https://caiovassao.com.br/contentreferral/2018/09/Ecossistema-e-Metadesign_SICAM2016_Caio-Vassa%CC%83o_30-08-2016-1.pdf)>