

O PAPEL DO ARQUITETO NA ERA DIGITAL: ANÁLISE DO PROJETO DO ESTÁDIO LUSAIL NO QATAR

Universidade Presbiteriana Mackenzie

Coordenadoria de Fomento à Pesquisa - Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

Mariana Murgel Schmidt ¹

Apoio: *PIVIC Mackenzie*

Eduardo Sampaio Nardelli ²

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU) ¹

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo ²

<10419579@mackenzista.com.br>

<eduardo.nardelli@mackenzie.br>

RESUMO

Os modelos digitais têm transformado as dinâmicas de interação entre o arquiteto e o processo projetual, permitindo a criação de projetos mais complexos, eficientes e precisos. Este trabalho analisa o papel do arquiteto na Era Digital a partir do estudo do processo de projeto do Estádio Lusail (2022), no Catar, desenvolvido com metodologia BIM, comparando-o a dois projetos brasileiros: o Estádio Nacional de Brasília Mané Garrincha (2014), elaborado com apoio do CAD, e o Estádio do Morumbi (1960), projetado manualmente. A partir dessa linha do tempo, a pesquisa emprega uma abordagem qualitativa, com base na metodologia Design Science Research (DSR) (Sein et al., 2011), que analisa artefatos inovadores propostos para solucionar problemas relacionados, neste caso, ao papel do arquiteto na Era Digital. Os resultados indicam que o uso do BIM e de outras ferramentas digitais tem reconfigurado o processo projetual, tornando-o mais flexível e adaptado às exigências contemporâneas. Essa mudança contribui para a redução de retrabalho, melhora o entendimento do projeto entre as diversas disciplinas envolvidas e aumenta a assertividade do produto final. Além disso, a digitalização tem impactado diretamente a atuação e a formação do arquiteto, já que o desenvolvimento de novas competências por parte dos arquitetos se tornou necessário para lidar com a integração de equipes e com a coordenação de modelos digitais.

Palavras-chave: Modelagem de Informação da Construção (BIM); Projeto digital; Papel do arquiteto; Projeto de estádio; Projeto Arquitetônico.

ABSTRACT

Digital modeling tools have transformed the dynamics between architects and the design process, enabling the creation of more complex, efficient, and accurate projects. This study analyzes the role of the architect in the Digital Age based on a case study of the design process of Lusail Stadium (2022), in Qatar, developed using BIM technology, and compares it to two Brazilian projects: the National Stadium of Brasília Mané Garrincha (2014), designed with CAD support, and the Morumbi Stadium (1960), developed by manual drafting. Based on this timeline, the research adopts a qualitative approach grounded in the Design Science Research (DSR) methodology (Sein et al., 2011), which analyzes innovative artifacts designed to address practical problems, in this case, the role of the architect in the Digital Age. The results indicate that the use of BIM and other digital tools has reconfigured the design process, making it more flexible and aligned with contemporary demands. This transformation contributes to reducing rework, improving interdisciplinary understanding of

the project, and increasing the final product's accuracy. Moreover, digitalization has directly impacted the role and education of the architect, as the development of new competencies by architects has become essential to deal with multidisciplinary integration and the coordination of digital models.

Keywords: Building Information Modeling (BIM); Digital design; Architect's role; Stadium architecture; Architectural design.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as ferramentas digitais de projeto têm sido rapidamente absorvidas por diversas áreas da arquitetura, do design e da engenharia. Esse movimento provocou transformações significativas na prática arquitetônica, afetando diretamente os modos de pensar, representar e desenvolver projetos. A introdução dessas tecnologias alterou profundamente a lógica de representação arquitetônica, substituindo, em muitos casos, o desenho manual — baseado em croquis e representações gráficas lineares — por imagens digitais tridimensionais geradas por algoritmos computacionais (Oxman, 2017).

Esse novo paradigma digital reconfigura o papel do arquiteto no processo projetual, modificando sua relação com a representação visual, a tomada de decisão e a interatividade com o próprio projeto. Inicialmente, ferramentas como o CAD (Computer-Aided Design) atuaram como simples substitutas do desenho técnico manual (Patacas et al., 2020a).

O CAD automatizou a representação bidimensional sem modificar substancialmente o processo projetual ou permitir a geração de geometrias complexas. Somente com o surgimento de ferramentas digitais mais avançadas, como o Building Information Modeling (BIM), tornou-se possível explorar linguagens visuais inovadoras e novas formas de representação do projeto arquitetônico (Oxman, 2006).

Com o BIM, os modelos digitais passaram a incorporar uma lógica baseada em informação, desempenho e simulação. Isso permitiu o desenvolvimento de projetos mais complexos, eficientes e precisos, além de uma maior integração entre as diferentes disciplinas envolvidas no processo projetual (Patacas et al., 2020a). Essa ferramenta permite a criação de modelos virtuais tridimensionais que integram representação geométrica e informações construtivas fundamentais para a execução e operação da edificação (Eastman et al., 2014).

Essa mudança nos meios de representação e nos processos de concepção impacta diretamente as competências necessárias ao arquiteto, como a gestão de informação, o domínio de ambientes digitais e a colaboração em plataformas integradas. Como destaca Oxman (2008), essas transformações colocam em questão os modelos tradicionais de ensino da arquitetura, que precisam se adaptar à complexidade crescente dos projetos digitais.

Diante desse cenário, torna-se cada vez mais relevante compreender como o papel do arquiteto dentro de um projeto é afetado pelo meio digital. Surgem, portanto, os seguintes questionamentos que instigaram esta pesquisa: o processo de projetar digitalmente afeta a

interatividade e o controle do arquiteto sobre seu projeto? E, se sim, qual seria então o papel profissional do arquiteto na Era Digital?

A problemática investigada parte da hipótese de que ferramentas como o BIM ampliam a interatividade e o grau de controle do arquiteto sobre o projeto, modificando significativamente sua atuação profissional em relação aos métodos tradicionais e exigindo o desenvolvimento de novas competências.

O objetivo geral deste trabalho é analisar como o uso de tecnologias digitais, em especial o BIM, impacta o papel do arquiteto no desenvolvimento de projetos arquitetônicos e nas competências exigidas para a sua atuação. Além disso, busca-se investigar as transformações no processo projetual causadas pela introdução do meio digital e avaliar como o arquiteto interage com a representação do projeto em cada um dos métodos analisados.

Para investigar essas questões, esta pesquisa analisa o processo de projeto do Estádio Lusail (2022), localizado no Qatar, desenvolvido pelo escritório Fosters + Partners com a utilização do BIM, com o objetivo de compreender como a adoção do BIM influenciou cada etapa do desenvolvimento projetual e redefiniu o papel do arquiteto nesse contexto.

Para consolidar essa análise, o Estádio Lusail foi comparado a dois outros estádios brasileiros: o Estádio Nacional de Brasília Mané Garrincha (2014), desenvolvido com apoio do CAD, e o Estádio do Morumbi (1960), feito manualmente. Essa comparação buscou demonstrar como diferentes abordagens projetuais, do desenho manual ao uso de ferramentas digitais como o CAD e o BIM, influenciam o papel do arquiteto no processo de projeto.

A relevância desta pesquisa está em compreender como o meio digital afeta não apenas os resultados dos projetos, mas também o processo criativo, o raciocínio visual e o papel do arquiteto como agente central na concepção arquitetônica. Ao investigar esses aspectos por meio de casos práticos e entrevistas com profissionais envolvidos, a pesquisa busca contribuir para o debate sobre os impactos da digitalização na prática contemporânea da arquitetura e o quanto a sua adoção altera a relação entre o arquiteto e o projeto.

Por fim, este trabalho está estruturado da seguinte forma: após a introdução, apresenta-se o referencial teórico sobre as diferenças entre os métodos de projeto manual, com apoio do CAD e com uso do BIM, além de discutir como as ferramentas digitais impactam o desenvolvimento de projetos. A seção de metodologia descreve o cronograma de atividades realizado ao longo de um ano e os critérios adotados na análise comparativa entre os três estádios. A seguir, são apresentados e comparados os dados obtidos a partir dos

critérios definidos anteriormente na seção dos resultados e discussão. Já a última seção, apresenta as conclusões e as contribuições da pesquisa para a área.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Com a incorporação de tecnologias digitais na prática arquitetônica, o papel do arquiteto tem se transformado em resposta à evolução dos meios de concepção e representação, passando do desenho manual para sistemas computacionais como o BIM. Essa transição possibilitou o desenvolvimento de projetos mais complexos, devido ao grande volume de dados que podem ser integrados ao longo do processo, exigindo também novas competências dos profissionais da área.

Entretanto, essa reconfiguração do papel do arquiteto tem impactos diretos também na sua formação acadêmica. Como aponta Oxman (2008), as escolas de arquitetura enfrentam o desafio de incorporar conteúdos voltados à lógica digital, como modelagem paramétrica, simulações de desempenho e uso de ambientes digitais colaborativos, mantendo os fundamentos projetuais tradicionais. Assim, trata-se de um processo de adaptação curricular que reflete a crescente complexidade dos sistemas de projeto mediados digitalmente.

Patacas et al. (2020b) reforçam essa necessidade ao discutir como a transição para um ambiente digital demanda novas competências que vão além do domínio técnico tradicional, exigindo pensamento crítico, criatividade e colaboração multidisciplinar.

De acordo com Kolarevic (2003), os arquitetos eram historicamente vistos como mestres artífices, responsáveis por liderar os aspectos técnicos e coordenar as equipes envolvidas na construção, atuando com base em um conhecimento técnico-prático consolidado. Atualmente, operando sistemas com alta densidade informacional, o arquiteto assume novas responsabilidades, como a gestão de fluxos digitais e o controle integrado das etapas projetuais.

No modelo tradicional de projeto, Schon (1984) é uma importante referência para compreender a relação entre os estilos de raciocínio na arquitetura e a forma como o arquiteto interpreta e manipula imagens. Para ele, a relação entre o arquiteto e o projeto depende de estruturas mentais implícitas, construídas pela experiência no processo de pensamento projetual. O desenho à mão, nesse contexto, é caracterizado por um raciocínio visual que articula conhecimentos não formalizados, ou seja, implícitos e não externalizados.

Com a transição para o ambiente digital, essa lógica começa a ser alterada. De acordo com Mitchell (2005), os edifícios, que antes eram compreendidos como materializações de

desenhos, passam a ser concebidos como materializações de informações digitais. Essa mudança resulta em novas metodologias projetuais, com novas formas de interação entre arquiteto, projeto e informação visual.

Para Oxman (2006), os meios digitais não apenas substituem os métodos tradicionais, mas introduzem novos modos de interação entre o arquiteto e o projeto. Com o CAD, como, por exemplo, no Estádio Nacional de Brasília, um dos casos analisados nesta pesquisa, o arquiteto ainda projeta com base em representações gráficas, agora digitalizadas, o que confere mais precisão e agilidade, mas não altera a lógica projetual em si. Oxman distingue dois tipos de CAD: o descritivo, voltado à representação bidimensional precisa, e o avaliativo, que permite revisões colaborativas e integração interdisciplinar.

Embora o CAD otimize a documentação e reduza erros, sua contribuição permanece no nível da representação, sem integrar aspectos como simulação de desempenho ou dados construtivos, funções que seriam incorporadas apenas com o advento do BIM (Oxman, 2006).

Essa limitação é superada com a utilização da Modelagem da Informação da Construção, mais conhecida pela sigla em inglês BIM (Building Information Modeling), utilizada no projeto do Estádio Lusail. De acordo com Oxman (2014, 2016), o BIM ampliou as possibilidades dos arquitetos de criarem geometrias complexas, avaliarem o desempenho de um projeto, compartilharem informações entre disciplinas e revisarem, a qualquer momento, os parâmetros e regras ao longo do processo.

Os programas como o BIM geram projetos a partir de conjuntos de regras, ou algoritmos, que possibilitam a criação de formas, estruturas e padrões visuais. Dessa forma, como nos processos generativos, os arquitetos podem desenvolver projetos com maior complexidade e diferenciação em relação aos modelos tradicionais. (Bohnacker et al., 2012).

Sua utilização permite a criação de um modelo virtual detalhado da edificação em formato digital, contendo não apenas sua geometria completa e precisa, mas também todos os dados fundamentais para a construção. Assim, possibilita a detecção precoce de erros de projeto e incompatibilidades entre disciplinas, o que reduz significativamente conflitos, retrabalhos e atrasos durante a fase de obra (Eastman et al., 2014).

Além disso, o BIM possibilita a modelagem do ciclo de vida completo da construção, desde a concepção até a fase operacional e a demolição, ampliando a capacidade de gestão e manutenção do edifício ao longo do tempo. Essa abordagem também transforma os papéis e as dinâmicas entre os profissionais do projeto, promovendo processos colaborativos e mais

integrados (Eastman et al., 2014). Patacas et al. (2020a) reforçam essa visão ao descrever o BIM como uma base de dados para a especificação, produção e validação de informações ao longo de todo o processo projetual e construtivo.

Desse modo, o BIM deixa de ser apenas uma ferramenta e passa a configurar um novo modelo cognitivo e metodológico para o arquiteto. Ao integrar simulações, dados e visualizações em tempo real, ele redefine a interatividade entre o profissional e o projeto, deslocando o papel do arquiteto de desenhista para gestor de informação.

3. METODOLOGIA

Para compreender como a evolução das ferramentas digitais impacta o papel do arquiteto, esta pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, com base na metodologia Design Science Research (DSR) (Sein et al., 2011). Essa abordagem se fundamenta na análise de artefatos inovadores criados para solucionar problemas práticos — neste caso, o papel do arquiteto diante das transformações tecnológicas no processo projetual na Era Digital.

O objetivo da pesquisa foi investigar a hipótese de que o uso de ferramentas digitais, em especial o BIM, amplia a interatividade e o controle do arquiteto sobre o projeto, transformando seu papel em comparação aos métodos tradicionais. Para isso, foi analisado o desenvolvimento do projeto do Estádio Lusail (2022), no Catar, concebido com o uso do BIM, em comparação com dois projetos brasileiros: o Estádio Nacional de Brasília Mané Garrincha (2014), desenvolvido com apoio do CAD, e o Estádio do Morumbi (1960), projetado manualmente.

A estrutura da pesquisa segue as etapas da metodologia DSR, que envolvem: (1) identificação do problema; (2) revisão sistemática da literatura; (3) identificação do artefato (objeto de estudo); (4) análise das classes e subclasses de problemas a serem investigados; (5) identificação e análise, nos artefatos, dessas classes e subclasses, registro de tendências e realização de entrevistas com arquitetos; (6) validação; (7) conclusões.

A partir da estrutura descrita acima, foram desenvolvidas as seguintes classes, que serviram de base para a análise dos três projetos dos estádios: Nível de controle do arquiteto sobre o projeto; Complexidade e precisão na modelagem do projeto; Eficiência e tempo de desenvolvimento do projeto; Simulações no processo de projeto; Coordenação e integração multidisciplinar; Facilidade de revisão e adaptação ao longo do projeto; Impacto na formação e carreira do arquiteto.

A hipótese foi analisada a partir de um cronograma de atividades realizadas durante o período de um ano. Nesse intervalo, foi conduzida uma revisão bibliográfica abrangendo trabalhos publicados em livros, periódicos científicos e anais de eventos. Além disso, foram realizadas entrevistas com dois arquitetos diretamente envolvidos nos projetos estudados: Décio Ferreira, responsável pela coordenação do Estádio Lusail, e Eduardo de Castro Mello, arquiteto do Estádio Nacional de Brasília.

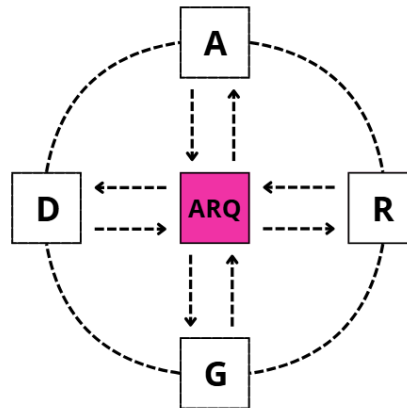
Todas as informações obtidas nessas etapas foram reunidas e utilizadas para a construção dos resultados e das conclusões, com o objetivo principal de compreender, por meio de evidências, qual é o papel do arquiteto na Era Digital. A análise dos dados baseou-se na interpretação qualitativa dos conteúdos coletados, articulando os depoimentos dos entrevistados e os textos lidos, com os critérios definidos previamente, de modo a identificar padrões, contrastes e tendências ao longo da linha do tempo projetual.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

A análise dos métodos de projeto empregados nos três estádios foi realizada com base nos critérios definidos na metodologia e nas contribuições teóricas de Oxman (2006).

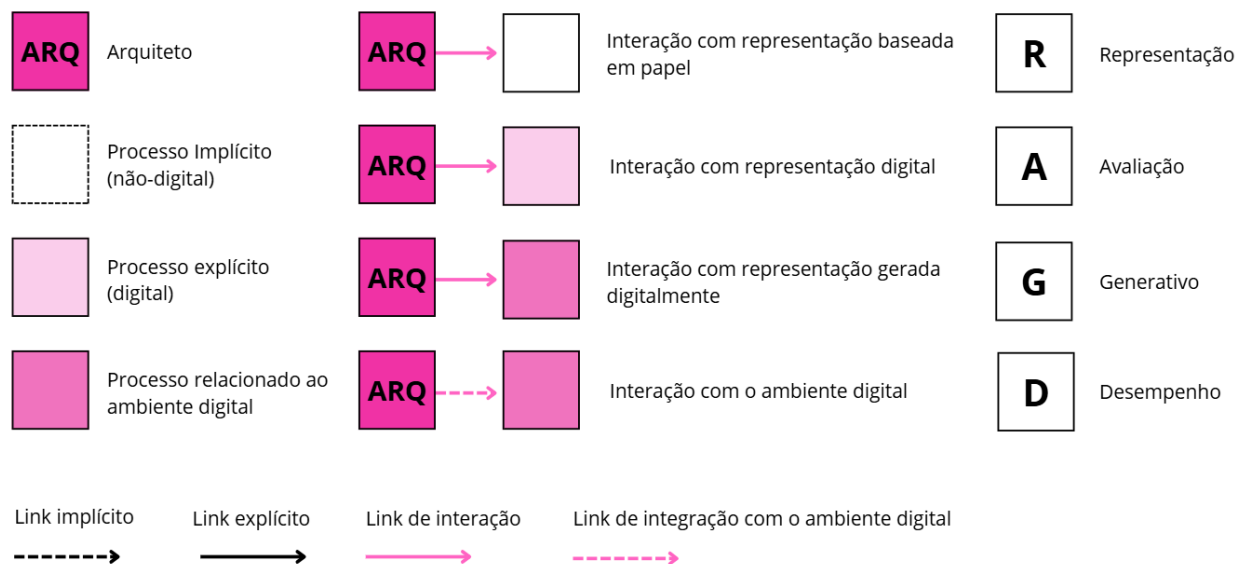
Oxman (2006) propõe que a natureza da interação do arquiteto com os meios de representação (manual ou digital) é fundamental para compreender a evolução do papel desse profissional. Na prática, a relação do arquiteto com a representação do projeto varia conforme o meio adotado. No desenho à mão, essa interação é direta, mediada por esboços e modelos físicos. Já no ambiente digital, ela ocorre por meio de ferramentas computacionais, exigindo novas competências e modos de pensar o projeto.

Em seu estudo, Oxman (2006) propõe esquemas gráficos nos quais o arquiteto ocupa uma posição central nos três métodos a serem comparados, analisando sua relação com os demais componentes essenciais: Representação (R), Avaliação (A), Generativo (G) e Desempenho (D). A Representação (R) é a base de todo projeto arquitetônico, sendo responsável pela conversão de ideias abstratas em formas visuais. A Avaliação (A) envolve a análise crítica das decisões projetuais, possibilitando a reavaliação e ajuste do projeto. O componente Generativo (G) diz respeito à criação de soluções por meio de ferramentas analógicas ou digitais, utilizando a modelagem computacional para gerar designs que são ao mesmo tempo inovadores e otimizados. Já o Desempenho (D) relaciona-se à funcionalidade, sustentabilidade e eficiência da proposta.

Figura 1. Imagem do esquema genérico

Fonte: Autores, baseado em Oxman (2006, p.241), a partir da representação gráfica proposta por Torres (2024)

A partir desse modelo genérico, elaborou-se um esquema para cada método de projeto analisado, representando a relação entre o arquiteto e os componentes de projeto. As interações entre os elementos do esquema são indicadas por diferentes tipos de linha, conforme a legenda a seguir e o grau de articulação entre os componentes.

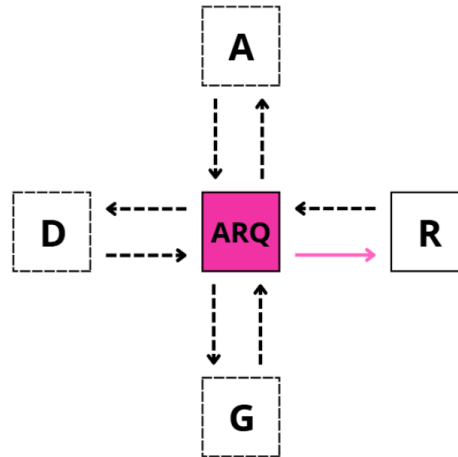
Figura 2. Imagem da legenda dos esquemas gráficos

Fonte: Autores, baseado em Oxman (2006, p.241), a partir da representação gráfica proposta por Torres (2024)

Com o avanço das tecnologias e metodologias, a tendência é que esses componentes se tornem cada vez mais integrados. Os esquemas propostos, portanto, visualizam

graficamente os avanços entre os três métodos analisados: o modelo de representação baseado em papel, o modelo CAD e o modelo BIM.

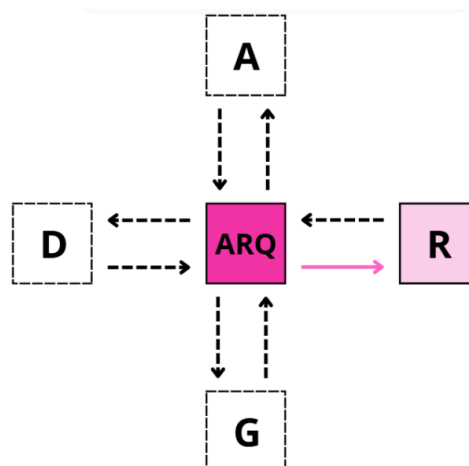
Figura 3. Imagem do esquema do modelo de projeto feito à mão



Fonte: Autores, baseado em Oxman (2006, p.245), a partir da representação gráfica proposta por Torres (2024)

No modelo manual, a interação do arquiteto ocorre com a representação em papel, sendo o processo guiado por links implícitos, baseados na experiência e no raciocínio visual direto. O arquiteto interage diretamente com as formas que desenha, sem nenhuma interação com o meio digital, e não há quase nenhuma interatividade entre os diferentes componentes.

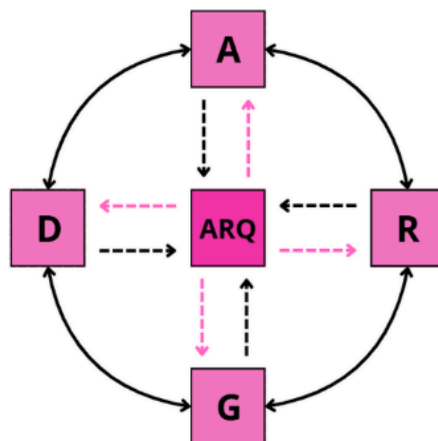
Figura 4. Imagem do esquema do modelo CAD



Fonte: Autores, baseado em Oxman (2006, p.247), a partir da representação gráfica proposta por Torres (2024)

A utilização do modelo CAD, como no Estádio Nacional de Brasília, embora eficiente na representação, não alterava de forma significativa o processo projetual, tampouco facilitava a geração de geometrias complexas. A interação é feita com representações digitais descritivas, ou seja, o arquiteto projeta com auxílio de softwares gráficos, mas sem integração com dados de desempenho ou processos gerativos.

Figura 5. Esquema do modelo BIM



Fonte: Autores, baseado em Oxman (2006, p.261), a partir da representação gráfica proposta por Torres (2024)

No modelo BIM, utilizado no Estádio Lusail, a interação se dá com um ambiente digital integrado, no qual há simulações de desempenho, compatibilização entre disciplinas e alteração automática dos elementos em tempo real. A comunicação é formalizada por links computacionais e parametrizações. Nesse modelo, todos os componentes do esquema estão conectados entre si e com o arquiteto, evidenciando uma interação digital avançada.

Com base nos esquemas gráficos feitos, bem como nas entrevistas realizadas com os arquitetos Eduardo de Castro Mello e Décio Ferreira, a seguir são apresentados os resultados obtidos com a análise dos três projetos, segundo os critérios mencionados na metodologia:

Nível de controle do arquiteto:

No processo projetual do Estádio do Morumbi, desenhado à mão, foi identificado um alto controle autoral por parte do arquiteto. Entretanto, observou-se uma dificuldade na coordenação interdisciplinar, especialmente devido a quantidade de informação, o que resultava em maior retrabalho e erros que eram apenas descobertos na etapa da obra.

No desenvolvimento do Estádio Mané Garrincha, realizado com o apoio do CAD, o controle do arquiteto sobre o projeto permaneceu centralizado, embora o uso dessa ferramenta

tenha trazido maior precisão e organização formal. O fluxo de dados, no entanto, ainda é linear e manual. Nesse contexto, o arquiteto começa a assumir um papel parcial como coordenador dos dados, exigindo novas competências. Contudo, persistem limitações na integração entre os componentes, como ilustrado no esquema gráfico do modelo CAD.

No projeto do estádio Lusail, feito com o BIM, o controle do arquiteto sobre o projeto é distribuído, sendo exercido principalmente pela gestão de modelos digitais integrados, e não mais apenas pela autoria gráfica. O arquiteto atua como um gestor de informações e fluxos multidisciplinares, exigindo novas competências. De acordo com Décio, arquiteto entrevistado, com o BIM é muito mais fácil para os arquitetos controlarem as informações do projeto e coordenarem toda a equipe de forma organizada e ágil (Ferreira, 2024). Essa nova forma de controle distribuído está ilustrada no esquema do modelo BIM, no qual o arquiteto interage com todos os componentes em tempo real por meio de conexões digitais.

Complexidade e precisão na modelagem do projeto:

No modelo projetual feito à mão, a complexidade e precisão do projeto são limitadas à habilidade manual do arquiteto e às escalas físicas. Tanto na entrevista feita com Mello (2025) quanto com Ferreira (2024), os arquitetos relataram dificuldades enfrentadas ao longo da carreira ao desenvolverem projetos manualmente.

Essa dificuldade não diz respeito apenas à forma, embora o BIM e os programas paramétricos tenham facilitado a geração de geometrias complexas, mas refere-se especialmente à quantidade de informação necessária em um projeto, como o de um estádio. Ambos comentaram, por exemplo, sobre a dificuldade de contar a quantidade de cadeiras projetadas nas plantas dos estádios, tanto no desenho manual, quanto com o uso do CAD. Já no BIM, por se tratar de um banco de dados, essa informação é gerada automaticamente, aumentando a eficiência e reduzindo o tempo de projeto (Ferreira, 2024; Mello, 2025).

Assim, no projeto feito em CAD, há uma alta precisão dimensional em 2D, mas com pouca profundidade informacional e sujeita a falhas de integração com outras disciplinas. Em contrapartida, projetos desenvolvidos com BIM apresentam alta complexidade e precisão, uma vez que os modelos permitem a visualização tridimensional detalhada, associada a dados de materiais, quantidades e comportamento no tempo. Essa capacidade está diretamente associada à presença de conexões explícitas entre os componentes, conforme ilustrado no esquema do modelo BIM, em contraste com os vínculos mais frágeis e implícitos nos modelos anteriores.

Eficiência e tempo de desenvolvimento do projeto:

O projeto feito à mão é um processo mais lento e artesanal em comparação aos demais métodos. Em ambas as entrevistas, os arquitetos relataram que o tempo gasto para realizar alterações nos desenhos era muito elevado, já que qualquer modificação exigia ajustes manuais em todas as pranchas (Ferreira, 2024; Mello, 2025). Além disso, Mello mencionou que, no início de seu escritório, havia um projetista responsável apenas por fazer as margens das pranchas, como forma de tentar agilizar o trabalho (Mello, 2025).

Já o uso do CAD trouxe ganhos de eficiência, permitindo copiar, colar, revisar e editar desenhos com mais rapidez do que no processo manual. No entanto, ainda não havia um banco de informações integrado, o que gerava retrabalho, especialmente em alterações que envolviam diferentes partes do projeto. Esse cenário corresponde ao esquema do modelo CAD, onde a interação entre os componentes é pontual e não integrada.

No BIM, por outro lado, há uma alta eficiência e significativa redução de tempo e erros. Isso se deve à lógica paramétrica dos elementos: ao alterar uma informação, todas as demais instâncias vinculadas a ela são automaticamente atualizadas. Esse funcionamento, representado no esquema gráfico do modelo BIM, ilustra como as conexões entre os componentes permitem um fluxo de trabalho mais ágil, coeso e preciso.

Simulações no processo de projeto:

No projeto feito à mão, as simulações de desempenho, como térmico, estrutural e de compatibilidade entre disciplinas, eram ausentes. Isso resultava em erros que só eram percebidos durante a obra, gerando retrabalho, atrasos e aumento de custos.

Com o uso do CAD, essas simulações ainda eram bastante limitadas, pois exigiam o uso de softwares externos e não estavam integradas ao ambiente de projeto. Apesar da representação digital facilitar a visualização, o arquiteto ainda precisava recorrer a outras plataformas para testar o desempenho de sua proposta.

No BIM, por outro lado, as simulações são integradas ao modelo e permitem análises multidisciplinares em tempo real. No Estádio Lusail, por exemplo, foram realizadas simulações de desempenho térmico diretamente no ambiente digital. Esse tipo de previsão permite que problemas sejam identificados e solucionados ainda nas fases iniciais do projeto, economizando tempo e recursos.

Essa característica está refletida no esquema do modelo BIM, em que os componentes de desempenho (D) e avaliação (A) estão diretamente conectados à representação e ao arquiteto, diferentemente dos modelos anteriores onde esses vínculos são ausentes ou limitados.

Coordenação e integração multidisciplinar:

No projeto feito à mão, a coordenação entre disciplinas era extremamente limitada e dependia exclusivamente de comunicação manual entre as equipes. Esse processo exigia inúmeras reuniões para garantir que as informações entre arquitetos, engenheiros e demais envolvidos estivessem alinhadas. Como cada disciplina trabalhava separadamente, o risco de conflitos durante a obra era elevado, caso houvesse qualquer divergência entre os desenhos.

No modelo CAD, houve uma melhora parcial. Os arquivos podem ser compartilhados em nuvem, facilitando a troca entre disciplinas. No entanto, não havia integração automática: ainda era necessário comparar os desenhos manualmente para verificar compatibilidades, o que mantinha a possibilidade de erros. Essa limitação é visível no esquema do modelo CAD, onde os componentes do projeto não estão interligados, exigindo que o arquiteto faça a mediação entre eles.

No BIM, a coordenação multidisciplinar é amplamente facilitada. Os diferentes profissionais atuam no mesmo modelo digital, promovendo uma colaboração simultânea e centralizada. Softwares de avaliação, como o Solibri, permitem verificar automaticamente conflitos entre as disciplinas, desde que sejam bem administrados. Além disso, o esquema gráfico do modelo BIM mostra como todos os componentes estão conectados entre si e com o arquiteto, refletindo essa integração total. Essa abordagem reduz significativamente erros e retrabalhos na obra, aumentando a confiabilidade do projeto.

Facilidade de revisão e adaptação ao longo do projeto:

No modelo manual, alterações exigem a revisão completa dos desenhos e o redesenho manual de todas as pranchas. Isso torna o processo de revisão demorado, propenso a erros e altamente ineficiente. Mesmo pequenas correções demandavam tempo considerável, o que dificultava ajustes ao longo do desenvolvimento.

O CAD representou um avanço nesse aspecto, permitindo que alterações fossem feitas com mais rapidez e menor esforço. Ainda assim, essas mudanças não eram automatizadas: ao alterar um item, era necessário revisar manualmente todas as instâncias afetadas. Por exemplo, nesse modelo não há necessidade de repetir o desenho da prancha toda vez, mas

ainda era preciso contar manualmente a quantidade de cadeiras no estádio, algo suscetível a erro humano. No esquema do modelo CAD, essa limitação é representada pela ausência de vínculos entre os componentes projetuais.

No BIM, as revisões são automáticas e coordenadas: alterações feitas em uma parte do modelo afetam todas as instâncias relacionadas. Além disso, softwares de avaliação podem gerar relatórios de conflitos e pendências, os quais podem ser vinculados diretamente ao modelo, orientando as alterações. Isso reduz drasticamente o tempo gasto em revisões e aumenta a segurança das informações.

Impacto na formação e carreira do arquiteto:

A formação acadêmica tradicional era centrada no desenho manual, com ênfase em habilidades gráficas, domínio da técnica do traço e na percepção visual, o que refletia diretamente o papel profissional do arquiteto.

Com a introdução do CAD, as escolas passaram a incorporar o ensino de ferramentas digitais, mas sem alterar significativamente a lógica do projeto. O esquema gráfico do CAD mostra como o arquiteto ainda opera como mediador entre componentes isolados.

A transição para o BIM, no entanto, exige uma reconfiguração mais profunda. As competências passaram a incluir não apenas o domínio de softwares avançados, mas também a capacidade de gerir fluxos de informação, colaborar em tempo real com outras disciplinas e compreender o projeto como um sistema dinâmico.

Essa nova realidade impõe à formação acadêmica a inclusão de conteúdos voltados à lógica de modelagem paramétrica, uso de Ambiente Comum de Dados (CDE), softwares de simulação e ferramentas de avaliação. Os arquitetos precisam ser capazes de coordenar equipes, integrar informações e atuar de forma estratégica dentro do ciclo de vida do projeto.

A comparação entre os três estádios evidencia que os meios de representação adotados moldam diretamente o papel do arquiteto. Com a transição do desenho manual para ambientes digitais, especialmente no uso do BIM, o arquiteto passa a assumir funções ligadas à gestão de informações, coordenação de equipes e operação de sistemas complexos.

Assim, a arquitetura passa a ser compreendida como um sistema dinâmico de dados, que envolve simulações, integração disciplinar e controle do ciclo de vida da edificação. Essa transformação impacta o processo projetual e impõe ao arquiteto a necessidade de dominar novas competências técnicas, cognitivas e interpessoais.

Apesar dessas mudanças, o arquiteto ainda preserva sua centralidade simbólica, como representado nos esquemas gráficos. No entanto, sua atuação torna-se mais estratégica e interativa, exigindo pensamento crítico sobre sistemas digitais. Cada abordagem — manual, CAD e BIM — redefine a interação entre o arquiteto e os componentes do projeto, implicando diferentes graus de controle, precisão e articulação interdisciplinar, conforme discutido por Oxman (2006) ao classificar esses diferentes modelos de interação projetual.

Ainda que o CAD seja um avanço em relação ao desenho à mão, sua contribuição permanece restrita ao campo da representação gráfica, como evidenciado no esquema gráfico. Ele não promove uma mudança metodológica significativa, nem proporciona integração automática entre disciplinas ou automação de revisões, como ocorre com o BIM.

O BIM, portanto, se mostra mais eficiente do ponto de vista técnico e, sobretudo, promove uma transformação metodológica no papel do arquiteto, ampliando sua interatividade e seu grau de controle sobre o projeto. Ao integrar disciplinas, permitir simulações em tempo real e automatizar revisões, exige do profissional a coordenação de sistemas complexos, indo além da simples elaboração gráfica.

No critério de “controle e revisão”, por exemplo, o projeto do Estádio Lusail, desenvolvido em BIM, se destacou por permitir atualizações automáticas, centralização da informação e detecção antecipada de conflitos. Isso facilitou tanto a integração interdisciplinar quanto a coordenação das informações por parte do arquiteto. Já no critério de “simulação e desempenho”, apenas o projeto desse estádio possibilitou análises já na etapa conceitual, o que reforça a eficiência do processo.

Em síntese, embora existam semelhanças estruturais entre os projetos analisados, os distintos modos de concepção e representação impactam diretamente o papel do arquiteto. Assim, o arquiteto da Era Digital precisa desenvolver novas competências, equilibrando os saberes tradicionais com as novas exigências informacionais, e possui mais interatividade e controle em relação a todas as informações do projeto.

5. CONCLUSÃO

A pesquisa confirmou a hipótese de que o uso de ferramentas digitais, em especial o BIM, transforma a atuação do arquiteto, ampliando sua capacidade de controle, coordenação interdisciplinar e tomada de decisões ao longo do processo projetual. Com isso, seu papel se redefine em relação aos métodos tradicionais, exigindo novas competências.

Para isso, analisou-se o processo de projeto dos 3 estádios desenvolvidos com diferentes métodos projetuais a fim de verificar como o papel do arquiteto é afetado nesse contexto. Essa análise, fundamentada na metodologia Design Science Research (DSR), foi conduzida conforme os critérios mencionados anteriormente, voltados à compreensão do impacto de cada abordagem sobre o papel do arquiteto.

Observou-se que o CAD, embora mais preciso e rápido que o desenho manual, mantém um modelo centrado na representação gráfica mais eficaz. Apesar disso, promove uma transição do projeto manual para o digital, possibilitando a organização de fluxos de dados digitais, ainda que de forma pouco integrada. Em contrapartida, a adoção do BIM promoveu uma transformação metodológica no processo de projeto, ampliando a capacidade de controle, de simulação e de integração interdisciplinar por parte do arquiteto.

Concluiu-se, portanto, que embora o arquiteto mantenha sua centralidade simbólica nas três abordagens, sua relação com os componentes do projeto é progressivamente transformada. O arquiteto deixa de ter uma relação direta apenas com a representação gráfica e passa a envolver a gestão ampla de informações e a coordenação colaborativa de processos complexos. Dessa forma, no BIM há um domínio ampliado sobre as etapas do projeto e sobre a articulação entre diferentes disciplinas, exigindo competências que nem sempre são plenamente desenvolvidas na formação tradicional.

Como contribuição, o estudo demonstra que diferentes formas de representação influenciam diretamente a atuação do arquiteto, afetando seu grau de controle sobre o projeto e as competências exigidas. Essa análise demonstra que o uso do BIM, em comparação ao desenho manual e ao CAD, transforma significativamente a interação entre o arquiteto e os componentes projetuais, embora sua centralidade no processo permaneça. Ao articular teoria, prática profissional e formação, esta pesquisa oferece uma perspectiva crítica sobre a evolução do papel do arquiteto diante das transformações digitais.

No entanto, algumas limitações do trabalho devem ser reconhecidas. A análise não se aprofundou nas limitações do BIM, como sua dependência tecnológica, a complexidade de domínio, os custos envolvidos e as tensões em contextos com baixa adesão digital.

Por fim, um possível desdobramento para pesquisas futuras é a investigação sobre a formação acadêmica e o modo como as escolas de arquitetura têm integrado as competências digitais em seus currículos. Também seria pertinente explorar até que ponto o processo digital

substituí ou apenas complementa práticas projetuais tradicionais, como o croqui, ainda considerado fundamental por muitos arquitetos.

6. REFERÊNCIAS

- BOHNACKER, H.; GROSS, B.; LAUB, J.; LAZZERONI, C. *Generative Design: Visualize, Program, and Create with Processing*. Nova York: Princeton Architectural Press, 2012.
- EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. *BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers*. 3. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2014.
- FERREIRA, Décio. Contribuições do BIM ao papel do arquiteto no projeto do Estádio Lusail. Entrevista concedida a Mariana Murgel, online, São Paulo, 2024.
- KOLAREVIC, B. *Architecture in the digital age: design and manufacturing*. New York: Spon Press, 2003.
- MELLO, Eduardo de Castro. Transição do desenho manual ao digital no projeto do Estádio Nacional de Brasília. Entrevista concedida a Mariana Murgel, online, São Paulo, 2025.
- MITCHELL, W. J. Constructing complexity. In: MARTENS, B.; BROWN, A. (Org.). *Computer aided architectural design futures 2005: proceedings of the 11th International CAAD Futures Conference held at the Vienna University of Technology, Vienna, Austria, June 20–22, 2005*. Dordrecht: Springer, 2005. p. 41-50.
- OXMAN, R. Theory and design in the first digital age. *Design Studies*, v. 27, p. 229–265, 2006.
- OXMAN, R. Digital architecture as a challenge for design pedagogy: theory, knowledge, models and medium. *Design Studies*, v. 29, n. 2, p. 99–120, 2008.
- OXMAN, R. Performative Design: a Performance-Based Model of Digital Architectural Design. *Environment and Planning B: Planning and Design*, v.36, n. 6, 2009.
- OXMAN, Rivka; OXMAN, Robert. *Theories of the digital in architecture*. 1 ed. Londres: Routledge, 2014.
- OXMAN, R. The Role of the Image in Digital Design: Processing the image versus imaging the process. In: KOOLHAAS, R.; VAN TOORN, R. (Org.). *The active image: Architecture and Engineering in the Age of Modeling*. Berlin: Springer-Verlag, 2016.

OXMAN, R.; GU, N. Thinking difference: Theories and Models of Parametric Design Thinking. *Design Studies*, v. 52, p. 2-39, 2017.

PATACAS, J.; DAWOOD, N.; KASSEM, M. BIM for facilities management: a framework and a common data environment using open standards. *Automation in Construction*, v.120, 2020a.

PATACAS, J.; DAWOOD, N.; KASSEM, M. BIM and architectural education: preparing students for collaborative practice. *Journal of Information Technology in Construction*, v. 25, p. 278–299, 2020b.

SCHON, D. A. The Architectural Studio as an Exemplar of Education for Reflection-in-action. *The Journal of Architectural Education*, v. 38, n. 1, p 2-9, 1984.

SEIN, M. K.; HENFRIDSSON, O.; PURAO, S.; ROSSI, M.; LINDGREN, R. Action design research. *MIS Quarterly*, v. 35, n. 1, p. 37–56, 2011.

TORRES, Ettore Vitor. *Arquitetura de dados: influência do avanço tecnológico no projeto arquitetônico*. 2024. Trabalho Final de Graduação (Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2024.