

MESTRADO INTEGRADO
ARQUITETURA

Arquitecto, BIM e os Desafios Contemporâneos

reflexões a partir de uma experiência pessoal

Tiago Tasca Mendes

M
2024



Arquitecto, BIM e os Desafios Contemporâneos
reflexões a partir de uma experiência pessoal

Tiago Tasca Mendes



Arquitecto, BIM e os Desafios Contemporâneos

Reflexões a partir de uma experiência pessoal

Dissertação de Mestrado Integrado em Arquitetura
Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto

Autor: **Tiago Tasca Mendes**

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor José Pedro Sousa

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Agradeço a oportunidade de desenvolver o atual trabalho, assim como de enriquecer o meu conhecimento proporcionado pela Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto durante o desenvolvimento do Mestrado Integrado em Arquitetura.

Agradeço à Quadrante Engenharia a abertura para utilização do conteúdo apresentado nesse trabalho e pela oportunidade de desenvolvimento da formação em conjunto com as responsabilidades profissionais.

Obrigado, José Pedro Sousa pelo acolhimento e todos os ensinamentos, pela disponibilidade e pela assertividade na orientação.

Agradeço ao Daniel pela partilha e apoio mútuo constante durante essa caminhada.

Agradeço à Ana Carolina pelo companheirismo e suporte de sempre.

Expresso também, a minha gratidão e admiração por João Luís e Claudia Tasca, meu pais, por todo o apoio e exemplo de caráter, respeito e amor.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Porto.

RESUMO

A arquitectura encontra-se no eixo da tradição e da inovação, a evoluir de forma contínua para responder às necessidades dinâmicas da sociedade contemporânea. Como publicado por Kostas Terzidis em seu livro “Algorithmic Architecture” a arquitetura contemporânea incorpora cada vez mais tecnologias digitais e algoritmos para criar formas inovadoras e responder de maneira eficaz às demandas sociais (Terzidis K. 2016), enquanto articula e destaca a importância da tradição e da história (Sennett R., 2012).

No século XXI, os arquitectos enfrentam uma série de desafios complexos, desde a degradação ambiental à rápida urbanização e à evolução tecnológica. Em resposta, a prática da arquitectura sofre uma transformação, impulsionada pelo desejo de criar espaços que sejam não só esteticamente agradáveis, mas também social, ambiental e economicamente sustentáveis enquanto dão resposta aos requisitos funcionais dos tempos contemporâneos.

A transformação digital que se faz sentir de forma generalizada, surge na indústria da construção como uma mudança incontornável. A transição para o contexto digital é, contudo, um desafio complexo, que deve merecer especial atenção (Costa et al., 2020). Neste contexto que as necessidades de metodologias inovadoras surgem, o Building Information Modelling (BIM) se torna cada vez mais evidente, de forma a representar uma mudança de paradigma na prática da arquitectura, oferecendo aos arquitectos um poderoso conjunto de ferramentas para enfrentar as complexidades do projeto e da construção no contexto contemporâneo.

O trabalho adota uma perspectiva abrangente ao examinar a influência dos cenários contemporâneos sobre as tipologias e metodologias arquitetónicas das novas instalações industriais, que estão moldando as paisagens atuais (arquitetura para não-humanos). Paralelamente, destaca os requisitos e consequências das condições presentes, a digitalização em curso na indústria e o papel do arquitecto nesse contexto. Isso evidencia os desafios e oportunidades para os profissionais da arquitetura no desenvolvimento do ambiente construído atual e futuro.

PALAVRAS-CHAVE

Arquitetura, Building Information Modelling, Implementação BIM, Contemporaneidade, Transformação Digital, Sustentabilidade, Indústria e Energia.

ABSTRACT

Architecture finds itself on the axis of tradition and innovation, continually evolving to meet the dynamic needs of contemporary society. As published by Kostas Terzidis in his book "Algorithmic Architecture", contemporary architecture increasingly incorporates digital technologies and algorithms to create innovative forms and respond effectively to social demands (Terzidis K. 2016), while articulating and emphasising the importance of tradition and history (Sennett R., 2012).

In the 21st century, architects face a series of complex challenges, from environmental degradation to rapid urbanisation and technological evolution. In response, the practice of architecture is undergoing a transformation, driven by the desire to create spaces that are not only aesthetically pleasing, but also socially, environmentally, and economically sustainable while responding to the functional requirements of contemporary times.

The digital transformation that is being experienced across the globe has emerged in the construction industry as an inevitable change. The transition to a digital context is, however, a complex challenge that deserves special attention (Costa et al., 2020). It is in this context that the needs for innovative methodologies arise and Building Information Modelling (BIM) is becoming increasingly evident, so that it can represent a paradigm shift in the practice of architecture, offering architects a powerful set of tools to tackle the complexities of design and construction in the contemporary context.

The work embraces a comprehensive perspective by analysing the influence of contemporary scenarios on the typologies and architectural methodologies of new industrial facilities, which are shaping today's landscapes (architecture for non-persons). At the same time, it highlights the requirements and consequences of contemporary conditions, the ongoing digitalisation of industry and the role of the architect in this context. This highlights the challenges and opportunities for architecture professionals in the development of the current and future built environment.

KEYWORDS

Architecture, Building Information Modelling, BIM Implementation, Contemporaneity, Digital Transformation, Sustainability, Industry and Energy.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iv
Resumo.....	vi
Abstract.....	vii
Índice.....	viii
Índice de Figuras.....	ix
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	11
1. Introdução.....	12
1.1 Motivação.....	12
1.2 Objetivos	12
1.3 Estrutura da Dissertação	14
2. Arquitectura e Contemporaneidade	15
2.1 Sustentabilidade e Eficiência Energética	16
2.2 Arquitectura Efêmera e Participativa.....	25
2.3 Arquitectura para Não-Humanos	30
3. Metodologia BIM.....	34
3.1 Tecnologia e Inovação.....	34
3.2 Evolução e Conceito.....	42
3.3 Enquadramento	44
3.3.1 Normalização	45
3.3.2 Aplicação.....	49
4. Experiências Profissionais	52
4.1 BIM no Setor da Energia	52
4.1.1 Implementação no setor da Indústria e Energia	53
4.1.2 Projetos e o BIM	64
4.2 Arquitecto BIM	76
5. Conclusão	78
Referências Bibliográficas	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Três Pilares do Desenvolvimento Sustentável.....	16
Figura 2 – Conceito de Desenvolvimento Sustentável.	17
Figura 3 – Esquiço - Edifício Solar XXI.	20
Figura 4 – Fachada Sul e Aproximação ao módulo fotovoltaico - Edifício Solar XXI.....	20
Figura 5 – Sistema de arrefecimento e Aproximação à tubagem de betão - Edifício Solar XXI.	21
Figura 6 – Processo Construtivo Sistema de Arrefecimento - Edifício Solar XXI.....	21
Figura 7 – Edifício nZEB – “Paseo Mallorca 15 Apartments”	22
Figura 8 – Diagrama dos Três Imãs.	23
Figura 9 – Chulah Paquistanes.	25
Figura 10 – Mesquitas da Bienal de Arte Islamica 2023.....	26
Figura 11 – Arena do Futuro.....	28
Figura 12 – Diagrama Arena do Futuro/Escolas Municipais.	28
Figura 13 – Diagrama Arena do Futuro/Escola Vermelha.	29
Figura 14 – Escola Municipal.....	29
Figura 15 – Data Center da META na Suécia.	30
Figura 16 – Data Center em Covilhã-PT projetado pelo gabinete Carrilho da Graça.	31
Figura 17 – Instalações de armazenamento de energia da Tesla na Australia.	31
Figura 18 – Espaços de trabalho Homem x Máquina.	32
Figura 19 – Espaços de trabalho Homem x Máquina.	33
Figura 20 – Heydar Aliyev Center – Zaha Hadid Architects.	36
Figura 21 – Tendências Tecnológicas na Construção.	38
Figura 22 – Gêmeo Digital.	39
Figura 23 – Construção Offsite.	40
Figura 24 – Realidade Virtual - Enscape.	41
Figura 25 – Realidade Aumentada - Augin.....	41
Figura 26 – Sistema Colaborativo de Construção.	44
Figura 27 – Funcionamento IFC.....	45
Figura 28 – Conhecimento e uso a respeito do BIM – 2011 vs 2020.	46
Figura 29 – Gráfico informativo a respeito do uso das tecnologias relacionadas ao BIM.	47
Figura 30 – Interoperabilidade BIM – Comparação entre a troca de informação 2D e BIM.	49

Figura 31 – Renderização em tempo real com base no modelo BIM (Revit + Enscape).	50
Figura 32 – Insight para Revit – Software de análises de sustentabilidade vinculada ao modelo BIM..	51
Figura 33 – Unidades de Negócio – Quadrante.	54
Figura 34 – Divisão de modelos de Subestação.	56
Figura 35 – Catálogo Genérico – Projeto de Subestações.	57
Figura 36 – Nuvens de Pontos como base para Modelação em Revit – Projetos de Subestações.	58
Figura 37 – Escopo dos modelos gerais – Projeto de Subestações.	59
Figura 38 – Famílias Revit de Equipamentos Eletromecânicos– Projetos de Subestações.	60
Figura 39 – Integração Revit com Primtech – Projetos de Subestações.	60
Figura 40 – Integração Revit com Advance Steel – Projetos de Subestações.	61
Figura 41 – Integração Revit com Electrotechnik – Projetos de Subestações.	62
Figura 42 – Integração Revit com Dialux – Projetos de Subestações.	62
Figura 43 – Programação em Dynamo– Projetos de Subestações.	63
Figura 44 – Subestação Porto de Luanda – Isométrica Geral.	64
Figura 45 – Subestação Porto de Luanda – Planta Geral de Equipamentos.	66
Figura 46 – Subestação Porto de Luanda – Planta Geral do Edifício (Áreas para Equipamentos vs Áreas para Pessoas).	67
Figura 47 – Subestação Porto de Luanda – Alçado.	68
Figura 48 – Subestação Porto de Luanda – Modelo de Coordenação.	68
Figura 49 – Subestação Porto de Luanda – Enscape 01.	69
Figura 50 – Subestação Porto de Luanda – Enscape 02.	69
Figura 51 – Subestação Data Center – Modelo Revit.	70
Figura 52 – Subestação Data Center – Modelo Federado ACC.	71
Figura 53 – Subestação Data Center – Modelo Federado Navisworks.	71
Figura 54 – Subestação Data Center – Modelo Federado.	72
Figura 55 – Subestação Data Center – Planta Geral do Edifício (Áreas para Equipamentos vs Áreas para Pessoas).	73
Figura 56 – Subestação Data Center – Corte do Edifício.	74
Figura 57 – Subestação Data Center – Extração de Quantitativos (Cabos Elétricos).	75
Figura 58 – Subestação Data Center – Pormenor do Modelo Eletromecânico.	75

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

2D – Bidimensional

3D – Tridimensional

ACC – *Autodesk Construction Cloud*

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

BIM – *Building Information Modelling*

CDE – *Common Data Environment*

CEN – *Comité Européen de Normalisation*

CT197 – Comissão Técnica 197

DFD – *Design for Disassembly*

EU – *European Union*

GIS – *Geographic Information System*

IDC – *Industry Foundation Classes*

IDM – *Information Delivery Manual*

IPQ – Instituto Português de Qualidade

ISO – *International Organization for Standardization*

IST – Instituto Superior Técnico

MEP – *Mechanical, Electrical and Plumbing*

NBS – *National Building Specification*

ONS – Organismo de Normalização Setorial

1. INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

A exploração aos temas abordados nessa dissertação surge de um olhar crítico acumulado no decorrer das minhas experiências de formação académica e profissional. A aproximação profissional à metodologia BIM, conjugada aos temas latentes em pauta não só nas discussões académicas como no âmbito profissional da prática da profissão, despertam a curiosidade de compreender as forças que impulsionam a digitalização da arquitectura nos tempos atuais e moldam a forma de projetar.

Como arquitectos, somos constantemente confrontados com uma série de desafios em constante evolução, que vão desde as preocupações ambientais até às necessidades evolutivas da nossa sociedade. É neste cenário dinâmico que a importância de metodologias como o BIM se torna essencial para fornecer ferramentas que apoiem soluções arquitetónicas mais sustentáveis, eficientes e bem enquadradas com o contexto global em que se inserem.

1.2 Objetivos

O Objetivo geral da dissertação é examinar de forma crítica a relação entre arquitectura e contemporaneidade, com um foco específico no papel do BIM na abordagem dos desafios e oportunidades apresentados pelos cenários modernos. Ao aprofundar os pormenores da metodologia BIM e a sua aplicação, pretende-se evidenciar o seu potencial transformador na modelação do ambiente construído.

Para alcançar o objetivo geral, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- Explorar a relação entre os desafios contemporâneos e a prática da arquitectura, centrando-se em temas-chave como a sustentabilidade, a eficiência energética, as estruturas adaptáveis e a inovação tecnológica. Através de estudos de caso e revisão da literatura, pretende-se analisar a forma como estes fatores influenciam o projeto de arquitetura e os processos de tomada de decisão.
- Investigar a evolução e os fundamentos conceituais da metodologia BIM, destacando a sua relevância na resposta aos desafios colocados pelo contexto arquitetónico contemporâneo. Ao examinar a história, os princípios e as aplicações do BIM, procuro proporcionar uma compreensão abrangente do seu papel na definição do futuro da arquitetura.

- Examinar as experiências pessoais na implementação da metodologia BIM no setor da Energia, enquanto apresenta-se projetos que exemplificam a intersecção entre a arquitetura, tecnologia e os desafios contemporâneos. Através de uma análise detalhada de projetos reais, pretendo demonstrar as implicações práticas do BIM no aumento da eficiência, sustentabilidade e inovação na prática da arquitectura.

Através desses objetivos pretende-se contribuir para a discussão e análise da dinâmica que molda a construção da arquitectura no século XXI e promover a relevância do arquiteto no processo de criação e construção do espaço.

1.3 Estrutura da Dissertação

No seguimento de um capítulo de introdução, o trabalho é composto por mais 4 capítulos.

O segundo capítulo, intitulado “Arquitetura e Contemporaneidade, aborda temas que são discutidos ativamente na sociedade e que têm relação direta com a produção de arquitetura contemporânea, bem como o papel do arquiteto nesse contexto. Este capítulo se aprofunda em três temas-chave, buscando proporcionar um enquadramento abrangente dessas discussões. Inicialmente, explora-se a questão da sustentabilidade e eficiência energética, destacando a importância de práticas arquitetônicas que buscar estar alinhadas com as diretrizes do desenvolvimento sustentável. Em seguida, realiza-se uma análise da produção de espaços e estruturas efêmeras e participativas, examinando como essas abordagens influenciam a experiência do usuário e a intenção com o ambiente construído. Por fim, o capítulo aborda os espaços arquitetônicos do século XXI que têm moldado a arquitetura contemporânea, com um foco especial na arquitetura projetada para hospedar máquinas e robôs no setor industrial, apontando para o futuro das nossas construções e os desafios enfrentados pelos arquitetos na era da automação e digitalização.

O terceiro capítulo se aprofunda na digitalização e avanço tecnológico na arquitetura, com destaque para a metodologia BIM, que apresenta um crescimento significativo nos últimos anos e molda a forma de projetar. Inicialmente, é apresentado o contexto de digitalização e inovação tecnológica no setor, seguido pela explanação dos conceitos e da evolução do BIM. Por fim, o capítulo aborda o enquadramento normativo, tanto em nível global quanto nacional, evidenciando a relevância e o grau de maturidade do tema, além de destacar como as aplicações da metodologia são capazes de enfrentar os desafios contemporâneos.

O quarto capítulo é um resumo e reflexão a partir das minhas experiências profissionais de implementação da metodologia BIM no setor de Energia e inserção, como arquitecto, em processos de produção projetual de setores industriais. O capítulo faz um paralelo entre os desafios contemporâneos levantados no segundo capítulo e as potencialidades do BIM nesse contexto, de forma a expor com casos práticos os espaços produzidos e processos adotados.

Por fim, o quinto capítulo apresenta a conclusão do trabalho e as visões de futuro para a profissão da Arquitectura.

2. ARQUITECTURA E CONTEMPORANEIDADE

Como descrito por Manfredo Tafuri e Francesco Dal Co, a história da arquitetura contemporânea é inevitavelmente múltipla, multifacetada até; uma história das estruturas que formam o ambiente humano independentemente da própria arquitetura; uma história das tentativas de controlar e dirigir essas estruturas; uma história dos intelectuais que procuraram elaborar políticas e métodos para essas tentativas; uma história de novas línguas que, tendo abandonado toda a esperança de chegar a palavras absolutas e definitivas, esforçaram-se por delimitar o âmbito de sua contribuição particular (Tafuri, Manfredo e Dal Co, Francesco, 1976).

A arquitetura, como uma manifestação natural da cultura e da sociedade, está constantemente em diálogo com o contexto em que é concebida e construída. A contemporaneidade, caracterizada pela facilidade de derivar entre o físico e o digital, pelos avanços tecnológicos que moldam o cotidiano, pela constante mutação das dinâmicas sociais e ambientais, exerce uma forte influência na prática e no pensamento arquitetônico.

A constante busca por compreender a relação entre a tradição e a inovação, a identidade e a globalização, a sustentabilidade e o desenvolvimento, assim como a experimentação do espaço e a virtualidade, são exemplos do que estimulam a arquitetura a responder de forma dinâmica e reflexiva aos aspetos e complexidades do contexto atual.

Com base na relação síncrona entre os impactos dos tempos atuais e a arquitetura, assim como o impacto (ou possibilidade de impactar) que a arquitetura exerce, de forma a mitigar ou agravar, as complexidades e temas da contemporaneidade, o presente capítulo aborda 3 temas-chave a fim de realizar uma contextualização geral dessa relação:

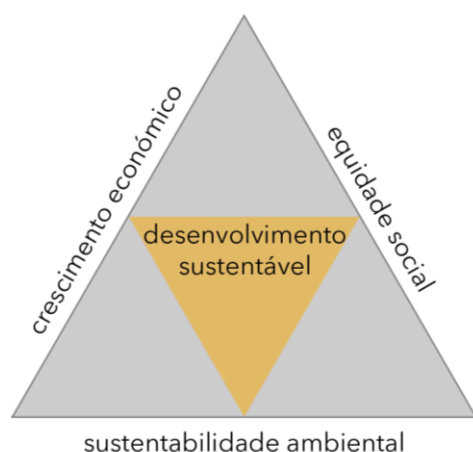
- Sustentabilidade e Eficiência Energética;
- Arquitetura Efêmera e Participativa;
- Arquitetura para Não-Humanos.

2.1 Sustentabilidade e Eficiência Energética

Na segunda metade do século XX começou a surgir a temática do desenvolvimento sustentável, quando se iniciou a percepção, por parte dos Homens, da progressiva degradação infligida pelas políticas de desenvolvimento ao meio ambiente, tendo se tornado um dos temas com maior relevância dos tempos atuais devido a sua urgência de ação. Neste período, correspondente ao final dos anos 60 e início dos anos 70, a ciência e o progresso tecnológico ficaram um pouco desacreditados, pois passou-se a considerar essencial, para o bem-estar e sobrevivência humana, a convivência em harmonia com a natureza (Mateus, R., 2009).

Compreendeu-se que como resultado das atividades destrutivas humanas, a biodiversidade na Terra está a diminuir a um ritmo de cerca de 50.000 espécies por ano (Yeang, 2001) ao mesmo passo que se constatou que o nível dos recursos inorgânicos não é infinitamente inesgotável, pelo que não é possível continuar a basear os sistemas energéticos em fontes não renováveis, tampouco manter a atual política com relação aos resíduos produzidos pela atividade humana. Se por um lado, o consumo de recursos naturais tem aumentando exponencialmente, devido a uma sociedade cada vez mais numerosa que cresce a um ritmo de 250.000 pessoas por dia, cada vez mais evoluída a nível tecnológico e em que os padrões de conforto são cada vez mais exigentes, por outro, a quantidade disponível de recursos apresenta um comportamento inverso (Mateus, R., 2009).

O Desenvolvimento Sustentável pretende mitigar essa questão através de medidas que abordam questões como, proteção do meio-ambiente, melhoria da salubridade, integridade do ambiente a longo prazo, assim como coexistência de diferentes culturas. Inclui também preocupações com a qualidade de vida, tendo em conta a equidade entre pessoas da geração presente e gerações futuras, além do crescimento económico. Outro aspeto que o desenvolvimento sustentável tem em conta diz respeito a preocupações com as problemáticas sociais e éticas do bem-estar humano, além de estabelecer o equilíbrio entre os sistemas natural e artificial.



Dessa forma, o Desenvolvimento Sustentável apoia-se sob três pilares principais, segundo Peter Nijkamp (figura 1): Sustentabilidade Ambiental, Equidade Social e Crescimento Económico.

Figura 1 – Três Pilares do Desenvolvimento Sustentável. Triângulo desenvolvido por Peter Nijkamp. A área central concentra a reconciliação entre os pilares. (fonte: produção própria, reprodução de Peter Nijkamp)

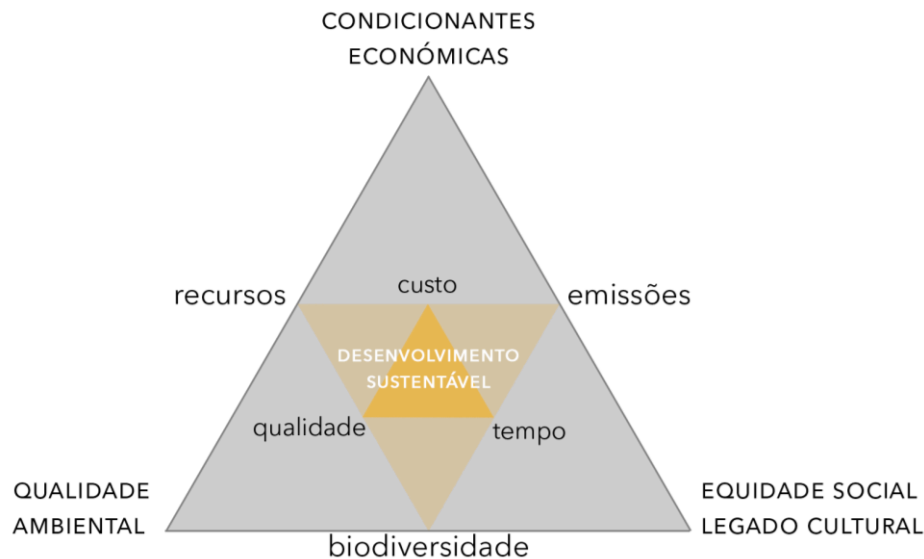


Figura 2 – Conceito de Desenvolvimento Sustentável.
Complemento do conceito de desenvolvimento sustentável a partir do triângulo de Peter Nijkamp.
(fonte: produção própria, adaptação a partir do modelo de Peter Nijkamp)

“Entende-se por desenvolvimento sustentável o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações do futuro satisfazerem as suas próprias necessidades” - Relatório de Brundtland (WCED, 1987)

A Construção Sustentável pode ser vista como a resposta da indústria da construção para que sejam atingidas as metas e objetivos do desenvolvimento sustentável, tendo como objetivo a criação e manutenção responsáveis de um ambiente construído saudável, baseado na utilização eficiente de recursos e em princípios ecológicos (Kibert, C. 1994). De acordo com o CIB (International Council for Research and Innovation in Building and Construction) a Construção Sustentável baseia-se em 7 princípios, que devem ser aplicados em todo o ciclo de vida do bem construído, desde a fase mais preliminar de projecto até o tratamento dos produtos de demolição/desmonte para o retorno ao meio ambiente. Os sete princípios podem ser lidos como:

- Reduzir o consumo de recursos – (REDUZIR).
- Reutilizar recursos – (REUTILIZAR).
- Utilizar recursos recicláveis – (RECICLAR).
- Proteger a natureza – (NATUREZA).
- Eliminar os produtos tóxicos – (RESÍDUOS TÓXICOS).
- Analisar os custos de ciclo de vida – (ECONOMIA).
- Assegurar a qualidade – (QUALIDADE).

Tendo em consideração a grande contribuição por parte da indústria da construção, onde a arquitectura encontra-se incluída e com grande fator de planeamento e influencia em todo o ciclo de vida das construções, no impacto que o consumo energético desempenha no panorama geral do desenvolvimento sustentável, faz-se importante a abordagem e contemporaneidade da discussão.

De acordo com a Organização para a Cooperação Económica e Desenvolvimento (OCDE), integrada por 38 países membros, na maior parte desses países a indústria da construção consome entre 25% a 40% do total de energia consumida, tendo incluído nesses valores o gasto energético utilizado nos processos de produção e transporte de materiais a serem utilizados na construção. A Agência Internacional de Energia estima que, em média, um terço da energia consumida nos países mais desenvolvidos se destina ao aquecimento, arrefecimento, iluminação, equipamentos e operação gerais em edifícios residenciais, de serviços e comerciais (IEA, 2004). Com isso, faz-se de extrema importância o conhecimento do panorama em que a arquitectura se insere no que toca à produção e enquadramento energético.

A nível europeu foi firmado o Pacto Ecológico Europeu, no fim do ano de 2019, tendo como meta final a neutralidade de carbono até 2050 (Roteiro para a Neutralidade de Carbono 2050 – RNC2050). Isto traduz-se como uma economia net-zero na emissão de gases do efeito estufa (GEE) dentro da União Europeia. Deste modo, foram definidos objetivos intermediários para os anos de 2020 e 2030, sendo estabelecidas diretivas com o qual todos os estados-membros devem cumprir. O pacote 2020 de medidas clima e energia trouxe como objetivo principal a redução da emissão de GEE em 20% (relativos aos níveis de 1990); 20% da energia de fontes renováveis; melhora da eficiência energética em 20%. A União Europeia conseguiu cumprir com estes objetivos e em 2018 já havia reduzido as emissões de GEE em 23%.

As diretrizes iniciais para o pacote 2030 foram acordadas para redução de pelo menos 40% da emissão de GEE (relativos aos níveis de 1990), 32% das energias de fontes renováveis e a melhora da eficiência energética em 32,5%. No ano de 2015 foi firmado o acordo de Paris pelas Nações Unidas, envolvendo os estados-membros da União Europeia em uma maior ambição para a redução de GEE. Neste novo cenário, todos os parâmetros foram reajustados com uma nova base de redução da emissão dos GEE em, pelo menos, 55%.

Em função da regulamentação da União Europeia e com base nos propósitos do RNC2050, em Portugal foi estabelecido o Plano Nacional Energia e Clima 2021-2030 (PNEC 2030), servindo não só como regulamentação para o alinhamento do acordo de Paris, mas também como pilar para a neutralidade carbônica até 2050. O PNEC 2030 fundamenta-se nos principais objetivos:

- Descarbonizar a economia nacional.
- Dar prioridade à eficiência energética.
- Reforçar a aposta nas energias renováveis e reduzir a dependência energética do País.
- Garantir a segurança de abastecimento.
- Promover a mobilidade sustentável.
- Promover uma agricultura e floresta sustentável e potenciar o sequestro de carbono.
- Desenvolver uma indústria inovadora e competitiva.
- Garantir uma transição justa, democrática e coesa.

No setor residencial o PNEC 2030 visa o reforço do conforto térmico e reconhece a importância no combate à pobreza energética. É proposto que o estabelecimento de avaliação e monitoração da pobreza energética a nível nacional seja definida. Além disto, visando a descarbonização e promoção da eficiência energética, as medidas nas edificações focam-se nas melhores soluções de isolamento, renovação do parque edificado existente, edifícios nZEB (edificações com necessidades energéticas quase nulas), na reabilitação urbana e a busca também da utilização de materiais de baixo carbono incorporado.

Os dados acima demonstram a importância de termos atenção à energia incorporada no edifício e não só a energia que é consumida na fase de operação do mesmo. Dessa forma, a discussão da sustentabilidade na arquitectura se estende para além do conforto térmico, a articulação com a natureza e a resolução da pobreza energética das construções, enfrentada por muitos países como Portugal.

Um exemplo de edifício construído sob os conceitos da eficiência energética é o Edifício Solar XXI dos arquitectos Pedro Cabrito e Isabel Diniz para abrigar o Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), em Lisboa, inaugurado em 2016. “Trata-se de um edifício de demonstração em que os conceitos de tecnologias renováveis foram integrados ainda na fase de conceção e que constitui um exemplo de um edifício “energeticamente eficiente”, de baixo consumo energético, e com um conjunto de sistemas solares passivos e ativos integrados na sua arquitectura de forma a motivar os arquitectos projetistas para a aplicabilidade e mais-valia destes conceitos.” (LNEG, 2010).

Vale ressaltar que o edifício em análise é destacado pelas suas iniciativas de implementação de práticas e técnicas construtivas sustentáveis, tendo vencido o prémio “EDP 2005, Eletricidade e Ambiente” e foi finalista na “*European Award, Building-Integrated Solar Technology 2008*”, por conta de suas inovações e aplicações técnicas.

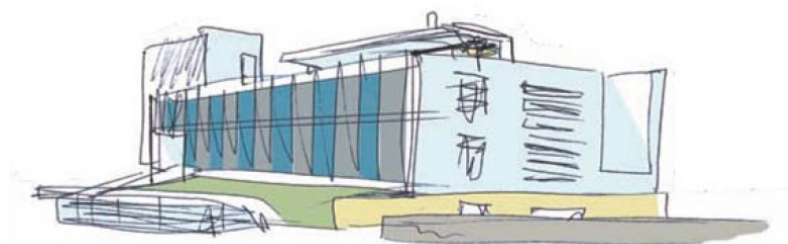


Figura 3 – Esqueto - Edifício Solar XXI.
(fonte: LNEG, 2010)

A fachada sul é composta por aproximadamente 100m² de módulos fotovoltaicos para fornecimento direto de energia elétrica ao edifício.



Figura 4 – Fachada Sul e Aproximação ao módulo fotovoltaico - Edifício Solar XXI.
(fonte: LNEG, 2010)

Diversos fatores e mecanismos de ventilação e otimização da insolação foram aplicados. Outro exemplo é o sistema de arrefecimento do ar através de tubos enterrados. O sistema é constituído por tubos de manilhas de betão que fazem a conexão do poço de admissão de ar ao edifício. Esse sistema é subterrâneo e coberto por uma camada vegetal.

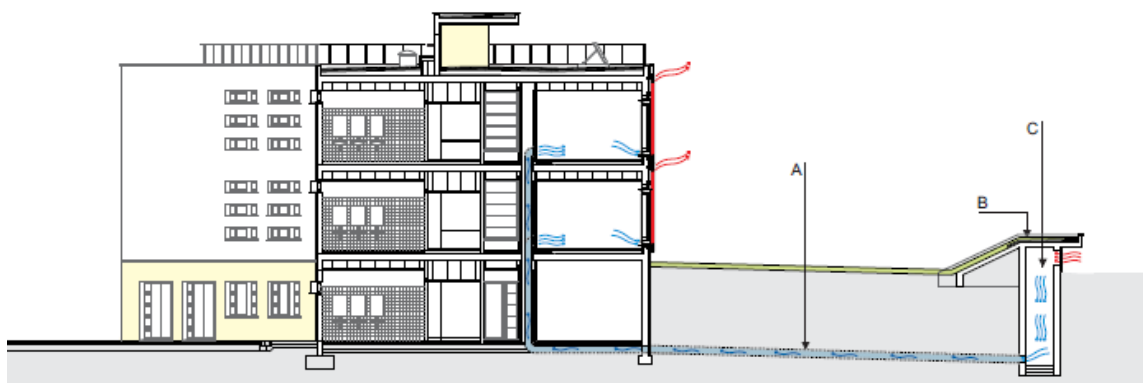


Figura 5 – Sistema de arrefecimento e Aproximação à tubagem de betão - Edifício Solar XXI.
(fonte: LNEG, 2010)



Figura 6 – Processo Construtivo Sistema de Arrefecimento - Edifício Solar XXI.
(fonte: LNEG, 2010)

Outro exemplo de solução arquitetônica que articula valores de eficiência energética, é possível citar o edifício Paseo Mallorca, situado em Palma – Espanha, projetado pelo gabinete de arquitectura OHLAB, teve a sua construção finalizada em 2022, onde a fachada, composta por painéis deslizantes em ripas de madeira, funciona como filtro solar e cria efeitos de luz dentro das habitações, aproveitando ao máximo o sol, de forma eficiente e durante todo o ano. O projeto foi concebido de acordo com os padrões Passivhaus (associação que define padrões construtivos sustentáveis) para alcançar a máxima eficiência energética e uma demanda de aquecimento/ar condicionado de apenas 15kWh/(m2y). Isto significa uma redução de quase 90% em termos de requisitos de aquecimento e arrefecimento do ar em comparação com um edifício convencional, resultando em custos de energia extremamente baixos para os proprietários e para o planeta. Com isso, o edifício pode ser enquadrado nos padrões nZEB.



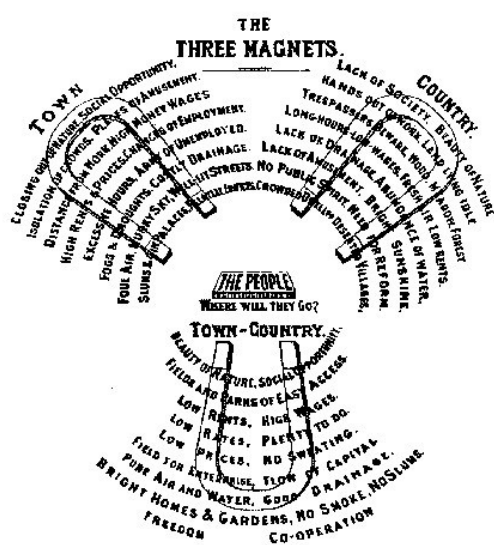
Figura 7 – Edifício nZEB – “Paseo Mallorca 15 Apartments”.

Composição de imagens e diagrama do edifício Paseo Mallorca 15 Apartments projetado pelo gabinete OHLAB.
(fonte: <https://www.archdaily.com/991679/paseo-mallorca-15-apartments-ohlab>)

De forma a retomar os conceitos aplicados no desenvolvimento sustentável, o equilíbrio entre a qualidade ambiental, equidade social e equilíbrio econômico refletem-se não só no bem construído e projetado como no meio urbano em que se insere, que se torna tema sensível nas discussões de planejamento do espaço projetado.

A urbanização acelerada e a transformação do ambiente urbano têm sido características proeminentes dos tempos contemporâneos. O relatório anual da ONU (Organização das Nações Unidas) aponta que estamos testemunhando um mundo que continuará a se urbanizar nas próximas três décadas – de 56% m 2021 para 68% em 2050. Isso se traduz em um aumento de 2,2 bilhões de residentes urbanos, vivendo principalmente na África e na Ásia. Espera-se que todas as regiões do mundo se tornem mais urbanizadas, embora se espere que regiões altamente urbanizadas e mais desenvolvidas se estabilizem ou experimentem um declínio no crescimento urbano. Isso nos diz que as cidades são uma realidade do futuro, mas não exclusivamente nas grandes metrópoles (ONU, 2022).

A ideia do esvaziamento da cidade em proveito do meio rural, na busca de melhores condições ambientais, já existia, pelo menos desde a antiguidade romana. Indubitavelmente essa ideia foi enormemente potencializada pela insalubridade da cidade industrial. Não é de estranhar que, nas primeiras formulações da reforma urbana/social, tenha emergido a proposta de desadensamento. Esse desadensamento embutia a ideia do abandono e conseqüentemente de negação da cidade existente. Tal perspectiva estava presente em praticamente todas as figurações utópicas do século XIX (Da Silva, Luis, 2008).



Sob esse contexto é possível citar uma das mais influentes propostas de desadensamento e urbanização do meio rural, a Cidade Jardim, apresentada por Ebenezer Howard em 1898 na obra *To-morrow: A Peaceful Path to Real Reform*. Onde era apresentada a tentativa de equilibrar a dicotomia urbano e rural sob um modelo que se beneficiasse das individualidades de cada lado, tendo a amplamente disseminada a imagem do diagrama dos 3 ímãs (figura 8), onde um ímã representa a cidade, outro o campo e o terceiro as benéficas da “cidade-campo”.

Figura 8 – Diagrama dos Três Ímãs.
Diagrama conceito da Cidade Jardim de Ebenezer Howard.
(fonte: <https://www.archdaily.com.br/br/961040/o-que-sao-cidades-jardim>)

Junto a temas que estão em pauta a tempo considerável como a vulnerabilidade às mudanças climáticas e os níveis crescentes de desigualdade, outras questões têm surgido como ponto de discussão na construção dos espaços urbanos e sociais. Em países desenvolvidos, as principais prioridades para o futuro das cidades também incluem o gerenciamento da diversidade cultural e a atualização e modernização da infraestrutura envelhecida. Nos países em desenvolvimento, por exemplo, temas relacionados à redução do nível de pobreza, fornecimento de infraestrutura apropriada, moradia acessível e adequada (ONU, 2022).

A elevada busca por habitação e a falta de capacidade de resposta nos países em processos de desenvolvimento, faz com que o recurso a habitação precária seja, em grande parte das vezes a única solução. Estes tipos de edifícios resultam normalmente da autoconstrução, geralmente ilegais e desprovidos de infraestruturas básicas. Estima-se que esta seja a solução em 20% a 30% do crescimento urbano nas maiores cidades dos países em fase de desenvolvimento. A título de exemplo, cerca de 54% da população de Lima, Peru, vive em habitação precária (CICA, 2002).

2.2 Arquitectura Efêmera e Participativa

A arquitectura participativa tem ganhado destaque como uma abordagem inclusiva na produção do ambiente construído. Com fundamentos na ideia de que as comunidades locais e os usuários finais têm um papel vital no processo de design e construção, essa abordagem busca criar espaços que atendam verdadeiramente às necessidades e desejos das pessoas que os utilizarão. A participação ativa desses grupos com a colaboração no processo de criação do espaço, não apenas garante que as necessidades específicas da comunidade sejam atendidas, mas também promove um senso de pertencimento e identidade em relação aos ambientes construídos (Smith, Darren P., 2010).

Em entrevista à revista eletrônica “*DesignBoom*”, a arquitecta paquistanesa Yasmeen Lari, recém honrada com a medalha de ouro de 2023 do RIBA (Royal Institute of British Architects) opina a respeito das prioridades e responsabilidades dos arquitectos contemporâneos, assim como o papel dos arquitectos na contribuição social:

“Architects could play a key role in stitching the frayed tapestry of the earth. They could utilize their gift of design to give agency to those living on the margins through participatory approaches.” (Lari, Yasmeen, 2023).

Outro exemplo da relevância do tema e possibilidade de explorar suas alternativas, levantado por Yasmeen Lari é a metodologia chamada por ela de “*Barefoot Social Architecture*”, que visa reviver e adaptar técnicas há muito estabelecidas, como a construção com terra, cal e bambu, como formas eficazes, extremamente baratas e ecológicas de responder à devastação de terremotos e inundações. A metodologia usa materiais que estão a mão e habilidades que podem ser prontamente ensinadas, de modo que os afetados possam desempenhar um papel na reconstrução de suas próprias casas.



Figura 9 – *Chulah* Paquistanes.
Imagem de um abrigo paquistanês construído pela população local com base no modelo de Yasmeen Lari, “*Barefoot Social Architecture*”.

(fonte:
<https://www.archdaily.com.br/br/1000451/arquitetura-de-pes-descalcos-10-projetos-de-yasmeen-lari-vencedora-da-riba-royal-gold-medal-2023>)



Figura 10 – Mesquitas da Bienal de Arte Islamica 2023.

Trio de mesquitas de bambu desmontáveis criadas por Yasmeen Lari para a bienal de arte islamica, sob a orientação da curadoria de produzir estruturas reutilizáveis.

(fonte; Archdaily. <https://www.archdaily.com.br/br/1000451/arquitetura-de-pes-descalcos-10-projetos-de-yasmeen-lari-vencedora-da-ribo-royal-gold-medal-2023>)

Assim como a arquitetura participativa, a arquitetura efêmera tem ganhado espaço nas discussões e na prática arquitetônica, a fim de responder às necessidades contemporâneas. “A arquitetura efêmera não é somente a busca por soluções técnicas, mas sim pela criação de ambientes, sensações e experiências que estimulem uma conexão mais profunda entre o homem e o seu entorno” (Beuys, Joseph, 1980). Através de uma manifestação arquitetônica que se distancia das estruturas estáticas e duradouras, a arquitetura efêmera abraça a transitoriedade e a impermanência como características centrais.

Apesar de ambos os conceitos apresentarem registros práticos de culturas antigas, como os festivais gregos e romanos, onde estruturas temporárias eram erguidas para a realização de eventos religiosos e sociais (Pevsner; Nikolaus, 1971), aparecem como temas atuais capazes de dialogar com os problemas contemporâneos emergentes. A arquitetura efêmera pode desempenhar um papel importante na redefinição do relacionamento entre as pessoas e o ambiente construído, onde essas estruturas temporárias muitas vezes catalisam conversas sobre sustentabilidade e inovação tecnológica. Marc Augé, a respeito da arquitetura contemporânea, caracteriza a mesma como um reflexo da sociedade contemporânea, onde a velocidade das mudanças exige uma adaptação flexível dos espaços (Augé, Marc, 1995).

Dessa forma, podemos interpretar que a efemeridade na arquitectura pode ser pautada na ideia de flexibilidade do objeto construído poder se adaptar às necessidades urgentes advindas do tempo em que se encontra. A capacidade de transformação e resinificação do edifício ou estrutura, a fim de melhor enquadrar-se às necessidades do momento, trazendo consigo por muitas vezes conceitos atrelados como modulação, pré-fabrico, montagem e desmontagem, estruturas temporárias, dentre outros.

A arquitectura efêmera é a manifestação da essência da arquitetura em sua forma mais pura, onde a transitoriedade é abraçada como uma oportunidade para experimentar novas formas de interação com o ambiente construído (Fujimoto, Sou, 2015). Ao observar sob a perspectiva da arquitetura contemporânea, identifica-se uma propensão para uma economia de matérias, uma geometria simples, uma estrutura repetitiva e uma sobriedade técnica, apontando para uma transformação arquitetônica que se descola de forma eterna e perene e progride para um sistema de reciclagem (Ferrier, Jacques, 2008). O conceito de efemeridade desenvolve-se em uma tendência de buscar por técnicas capazes de fazer mais com menos, de priorizar o uso mais rentabilizado de matéria, energia e tempo, tendo em consideração a questão ambiental, minimizando o rasto físico da existência e necessidade do empreendimento.

A aplicação dos conceitos da arquitectura efêmera pode contribuir de forma significativa para o desenvolvimento sustentável contemporâneo. Quando associamos a efemeridade à modularidade e à reutilização (como no conceito de *Design for Disassembly – DfD*), esses conceitos adquirem grande relevância nas discussões contemporâneas de produção de arquitectura. Estruturas temporárias podem ser montadas e desmontadas com facilidade, possibilitando a sua reutilização e consequentemente reduzindo o desperdício e falta de uso de estruturas que não estejam mais enquadradas no contexto em que foram projetadas. Essa abordagem não só minimiza o impacto ambiental, mas também promove soluções inovadoras e eficientes para os desafios contemporâneos de construção e urbanização, alinhando-se aos princípios do desenvolvimento sustentável.

Como exemplo, refere-se a estratégia tomada para a realização das arenas construídas para os jogos olímpicos do Rio de Janeiro, projetadas com o intuito do posterior desmonte de suas estruturas para atribuir novas funções à cidade, como por exemplo a construção de 4 escolas municipais. “...depois dos jogos será desmontada e reassumirá nova forma, transformando-se em 4 Escolas públicas municipais. Assim, a equipe desenvolveu um edifício que adotasse em sua construção a valorização de conceitos como flexibilidade, mutabilidade e adaptabilidade. ... o projeto da arena não deve ser entendido como uma mera estrutura voltada para a operação dos jogos, mas sim como um espaço que possui uma rica

capacidade de transformação, o que nos permite dizer que a sua mutabilidade é um importante legado para a cidade.” (Oficina de Arquitetos, 2016)



Figura 11 – Arena do Futuro.
Perspetiva da Arena do Futuro articulada para abrigar os jogos de HandBall e GolBall das Olimpíadas do Rio 2016.
(fonte; Oficina de Arquitetos. <http://oficina.arq.br/projeto/arena-temporaria-de-handebol-e-golbol-rio-2016>)

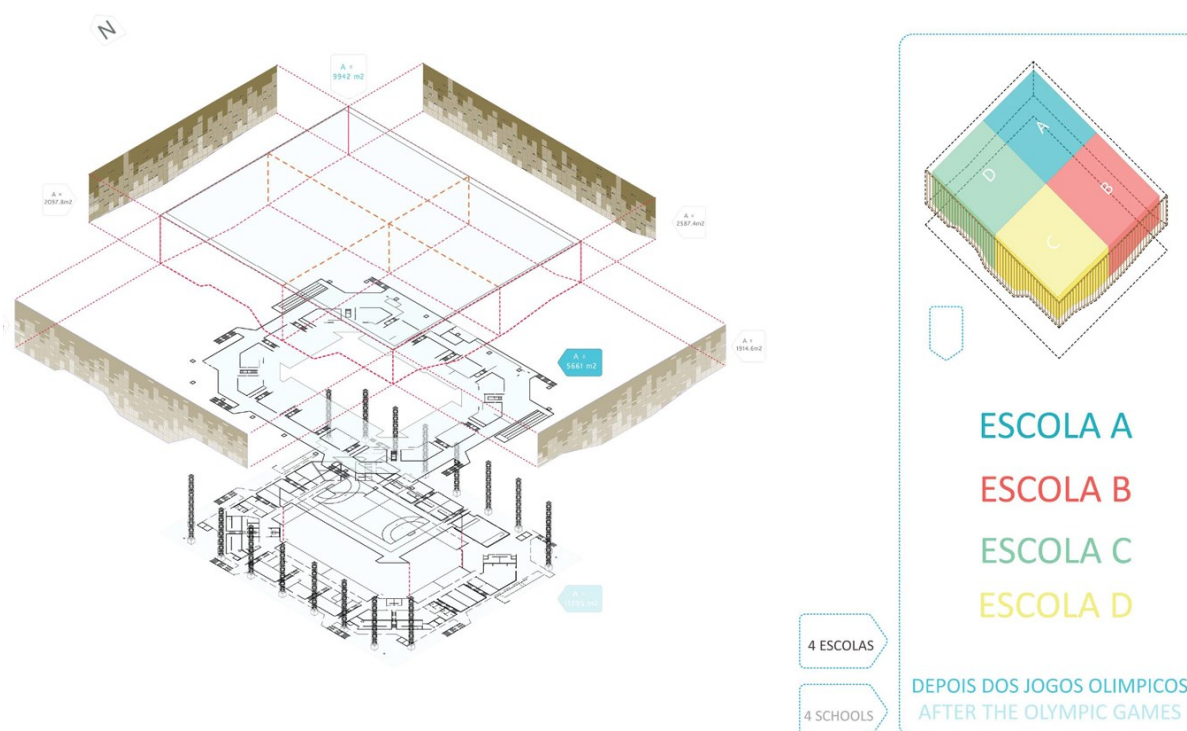


Figura 12 – Diagrama Arena do Futuro/Escolas Municipais.
Diagrama de setorização das estruturas da utilizadas na arena esportiva para futura reutilização.
(fonte; Oficina de Arquitetos. <http://oficina.arq.br/projeto/arena-temporaria-de-handebol-e-golbol-rio-2016>)

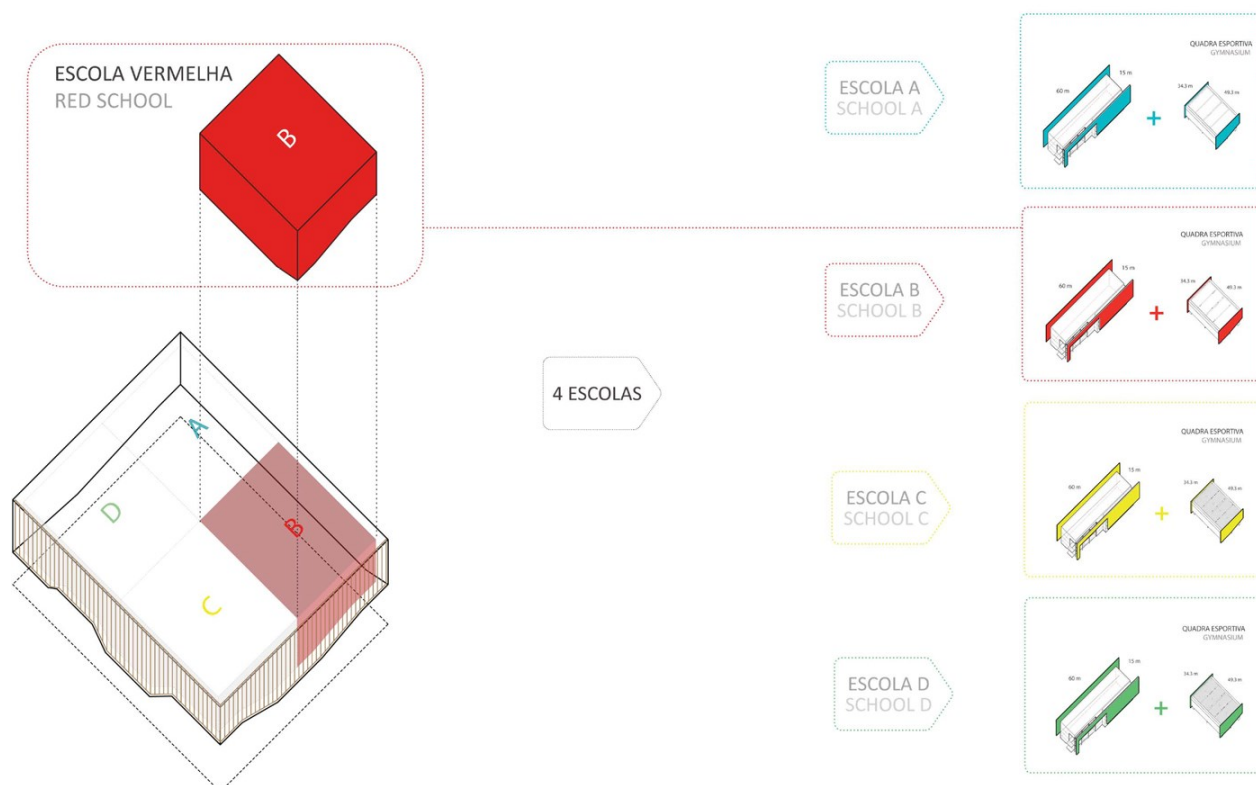


Figura 13 – Diagrama Arena do Futuro/Escola Vermelha.

Diagrama de setorização das estruturas da utilizadas na arena esportiva para futura reutilização.
(fonte; Oficina de Arquitetos. <http://oficina.arq.br/projeto/arena-temporaria-de-handebol-e-golbol-rio-2016>)



Figura 14 – Escola Municipal.

Perspetiva da escola municipal construída com base no desmonte da Arena do Futuro.
(fonte; Oficina de Arquitetos. <http://oficina.arq.br/projeto/arena-temporaria-de-handebol-e-golbol-rio-2016>)

2.3 Arquitectura para Não-Humanos

No panorama atual de desenvolvimento tecnológico e digitalização, edifícios concebidos para instalações automatizadas surgem como estruturas que moldam o padrão de arquitectura industrial dos tempos contemporâneos. Desde *data centers* que gerem grandes quantidades de informação, edifícios para equipamentos de produção e armazenamento de energia, até fábricas robotizadas que impulsionam a inovação industrial, são exemplos que representam a infraestrutura industrial tecnológica do mundo contemporâneo. No entanto, o seu significado vai para além da mera funcionalidade, de forma a impactar profundamente as paisagens que habitam e o papel dos arquitectos na sua conceção e desenvolvimento.

“Estes edificios cintilantes são mais do que simples infra-estruturas computacionais, estão a tornar-se as construções culturais definidoras da nossa era. Numa altura em que a nossa história colectiva é digital, estas formas em branco são a grande biblioteca da nossa geração, a nossa catedral, o nosso legado cultural. Cada época teve a sua própria tipologia arquitetónica icónica. A encomenda de sonho já foi a igreja, o modernismo teve a fábrica e depois a casa; na última década, celebramos o museu decadente e a galeria. Agora temos o data center.” (Young, Liam. 2019)



Figura 15 – Data Center da META na Suécia.

Composição de imagens de localização e interior do data center da META na suécia.

(fonte: <https://www.datacenterknowledge.com/archives/2016/05/24/inside-facebook-data-center-sweden-video>)

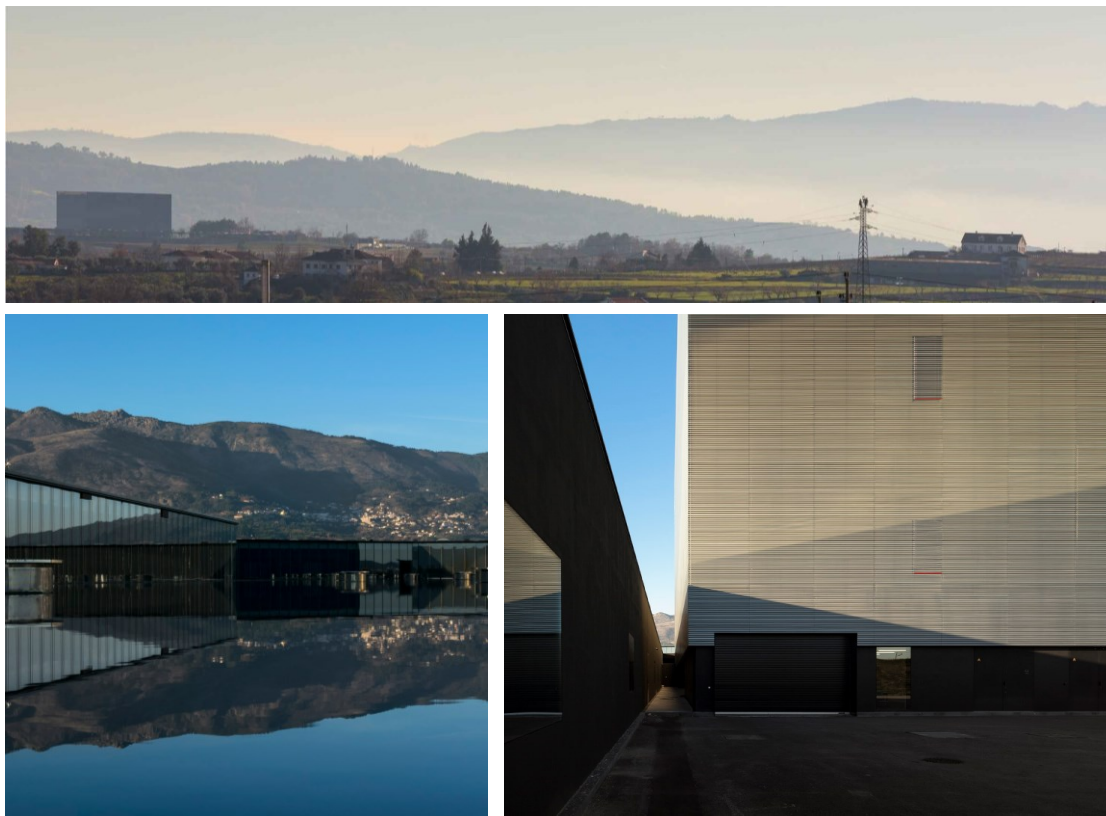


Figura 16 – Data Center em Covilhã-PT projetado pelo gabinete Carrilho da Graça.
Composição de imagens do data center da Portugal Telecom, em Covilhã - Portugal.
(fonte: <https://www.jlccg.pt/data>)



Figura 17 – Instalações de armazenamento de energia da Tesla na Austrália.
(fonte: <https://www.tesla.com/blog/introducing-megapack-utility-scale-energy-storage>)

No centro dessa discussão está a tensão entre eficiência e estética, função e forma. Enquanto esses edifícios dão prioridade aos requisitos operacionais, a sua conceção negligencia frequentemente considerações mais amplas, como o seu impacto nas paisagens físicas e culturais que ocupam. Essas estruturas são concebidas para otimizar a eficiência, a fiabilidade e a escalabilidade, com uma atenção

cuidada às especificações técnicas. No entanto, a sua concepção dá frequentemente prioridade à função em detrimento da expressão arquitetónica, resultando em estruturas utilitárias que carecem das qualidades estéticas tradicionais associadas ao bem construído.

Além disso, a produção de edifícios para processos automatizados dá origem a paisagens industriais caracterizadas pela sua escala, uniformidade e estética utilitária. A escala humana de operação e trabalho é substituída pela escala da robótica ou até pela ausência de intervenientes de operação em detrimento da manutenção e operação à distância. Os espaços de lazer e conforto são suprimidos ao máximo, face à crescente redução da presença humana no ambiente industrial contemporâneo.

As paisagens automatizadas configuradas pelo conjunto de seres humanos e máquinas são continuamente redesenhados – mas não frequentemente pelos arquitectos (Verzier, M, 2017). Mesmo que estes sistemas tecnológicos exijam e resultem em transformações arquitetónicas e territoriais, desde a escala da fábrica à cidade e, potencialmente, aos territórios das Zonas Económicas Especiais, o domínio da automação continua a carecer de uma perspetiva espacial crítica. As novas configurações refletem sobretudo as exigências das tecnologias de automatização, a eficiência necessária à produtividade, os interesses das empresas e os incentivos governamentais. No entanto, a introdução destas tecnologias abre inevitavelmente as portas a formas de violência e segregação espaciais, expressas na reorganização das capitais industriais e das suas periferias em bancos de ensaio das novas economias que integram a automação e apoiam as indústrias criativas.

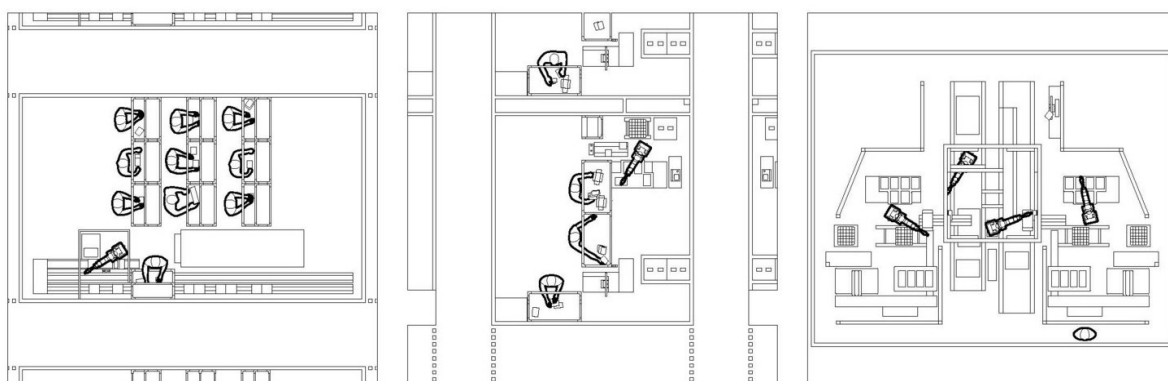


Figura 18 – Espaços de trabalho Homem x Máquina.

As três imagens representam modelos de espaços projetados para a integração dos automatismos industriais no ambiente de trabalho, realçando a diferença na distribuição espacial ditada de forma crescente para as máquinas.

(fonte; Het Nieuwe Instituut, 2018)

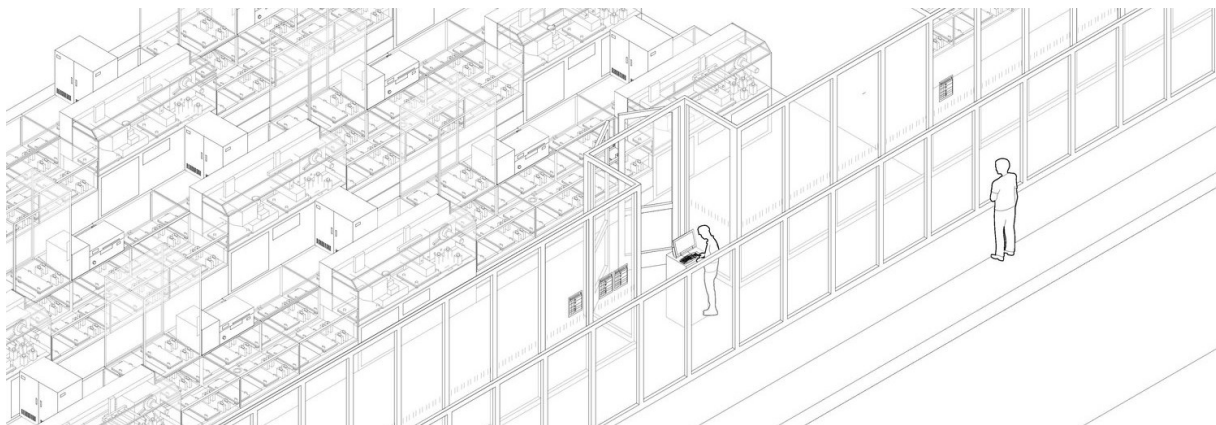


Figura 19 – Espaços de trabalho Homem x Máquina.

A isométrica representa a fábrica da Build Your Dreams (BYD), onde as paredes de vidro separam os seres humanos das máquinas no local de trabalho. A menos que seja necessário, os engenheiros e mesmo os directores nunca atravessam a linha para a zona das máquinas. À medida que os humanos desaparecem, as linhas de montagem são empilhadas mais perto, e as áreas de montagem e armazenamento são reorganizadas para maximizar a produtividade.

(fonte; Het Nieuwe Instituut, 2018)

Estas paisagens, marcadas pelo domínio da infraestrutura industrial, moldam a experiência visual e espacial do ambiente construído, influenciando as percepções de lugar e identidade. Em meio a sua eficiência funcional, estas paisagens levantam questões sobre o papel dos arquitectos na modelação do ambiente construído e experiência humana. Liam Young em seu livro “Machine Landscapes” sugere que os arquitectos têm de enfrentar as escalas e velocidades desumanas destes espaços, que são moldados pelas exigências das necessidades humanas e do consumismo. Defende que estas estruturas exigem uma nova linguagem de design que rompa com as normas arquitetónicas tradicionais. (Young, L. 2019)

O papel do arquitecto é normalmente associado à responsabilidade de administrar o ambiente construído, equilibrando requisitos funcionais com considerações estéticas, a fim de criar espaços que inspirem, envolvam e enriqueçam a vida humana. Porém, o desenvolvimento de edificios industriais contemporâneos tem caminhado para uma realidade onde os arquitectos são frequentemente marginalizados em favor de engenheiros, tecnólogos e especialistas da indústria que dão prioridade à eficiência operacional acima de tudo.

A exclusão dos arquitectos do discurso principal sobre estas tipologias apresenta uma oportunidade perdida de adição do sentido de lugar, identidade e significado a esses edificios, que de certa forma, contribuem para a definição da nossa contemporaneidade. Essa abordagem, reafirma a má prática de construção voltada para necessidades momentâneas que dificulta a adaptação e resinificação dos edificios em futuras adaptações de realidade, afastando-se dos ideais do desenvolvimento sustentável apresentados anteriormente no subcapítulo 2.1.

3. METODOLOGIA BIM

A digitalização na arquitetura é uma realidade do presente e que está em constante evolução, de forma a influenciar diretamente o modo como os arquitectos tem lidado com a prática e pensamento da profissão. A metodologia do Building Information Modelling (BIM) é uma a realidade atual no contexto da transição digital da arquitetura, e cada vez mais tem justificado a sua grande relevância, através da otimização e metodologia.

O capítulo 3 faz uma aproximação à metodologia BIM. Em um primeiro momento é apresentada uma reflexão a respeito da relevância do tema no contexto da inovação tecnológica e digitalização na arquitetura, seguido da evolução da metodologia no processo de projeto que desencadeou o que é conhecido como conceito geral do BIM. Por fim, é apresentado um enquadramento do nível de desenvolvimento da metodologia no cenário global e nacional.

3.1 Tecnologia e Inovação

Contemporaneamente, os homens testemunham tempos de avanços tecnológicos sem precedentes, que têm moldado e revolucionado diversos aspetos da vida moderna. Desde a primeira Revolução Industrial, de meados dos anos 1970, a sociedade tem experimentado um progresso constante, impulsionado por inovações que transcendem fronteiras e redefinem as expectativas das possibilidades. A rápida evolução tecnológica tem sido alimentada pelo processo contínuo de globalização, acesso à informação e busca por soluções de desafios complexos da atualidade.

No âmbito da comunicação, por exemplo, os avanços e inovações tecnológicos tem encurtado as distâncias entre pessoas e culturas. A criação do telefone, pelo cientista escocês Alexander Graham Bell, revolucionou a maneira como nos conectamos, e a sua constante evolução nos promove a internet e dispositivos móveis, que permitem uma comunicação instantânea e global (Hochfelder, D., 2023). Redes sociais, aplicações de mensagem, plataformas virtuais de vídeo chamadas redefiniram a forma de partilha de informações, promovendo novas interações e meios de colaboração, independentes da posição geográfica.

A medicina e a ciência, apresentam avanços tecnológicos altamente impactantes, possibilitando diagnósticos mais precisos e tratamentos revolucionários. Como exemplo, a sequenciação do genoma humano abriu portas para terapias personalizadas e novos entendimentos sobre doenças genéticas. Além disso, a inteligência artificial tem desempenhado um papel crucial na análise de grandes volumes de dados médicos, acelerando a descoberta de novas medicações e terapias (Dias, R., 2019). Como

articulação da medicina e comunicação, a telemedicina é outro exemplo contemporâneo de inovação tecnológica, permitindo consultas médicas à distância e expandindo o acesso aos cuidados de saúde.

No setor industrial, a automação e a robótica estão redefinindo a produção e o sistema de manufatura. As linhas de produção automatizadas aumentam a eficiência e reduzem erros, enquanto robôs colaborativos trabalham lado a lado com seres humanos, realizando tarefas perigosas ou repetitivas (Parascho, S., 2023). A indústria 4.0, caracterizada pela interconexão de máquinas e sistemas por meio da Internet das Coisas (IoT) e da computação em nuvem, está transformando a forma como os produtos são fabricados e entregues ao mercado.

O setor da arquitetura por sua vez tem experimentado, não diferentes do contexto geral em que insere, uma transição e significativa inovação tecnológica. É um período caracterizado por uma grande transformação não só na forma como os arquitectos concebem e realizam os seus projetos, mas também como lidam com o processo de gestão e normalização do produto desenvolvido.

O BIM transcendeu as suas origens como ferramenta técnica para se tornar um instrumento essencial para a inovação do design na arquitectura. Para além da modelação 3D tradicional, o BIM está agora a ser utilizado para o planeamento de tempos, custos e até análise de sustentabilidade, proporcionando uma abordagem abrangente à gestão de projetos e à avaliação do ciclo de vida. Esta ampla funcionalidade permite que os arquitectos explorem soluções de design complexas e as otimizem. Além disso, a capacidade de integração do BIM, como com os Sistemas de Informação Geográfica (GIS) permite uma análise mais abrangente do local e do planeamento urbano, aumentando a capacidade de visualizar e simular os impactos ambientais da construção. Essa integração não só melhora a precisão técnica como também promove a exploração criativa, permitindo aos arquitectos desenvolver respostas inovadoras aos desafios contemporâneos. Ao aproveitar o ambiente de colaboração que o BIM promove, onde arquitectos, engenheiros e empreiteiros, por exemplo, podem partilhar uma plataforma digital comum, o potencial para soluções de projeto inovadoras é significativamente ampliado. O BIM não é apenas uma ferramenta para gerir dados de construção, mas uma plataforma dinâmica que impulsiona a inovação na conceção, remodelando a forma como os arquitectos abordam e concretizam as suas visões criativas (Briscoe, D., 2015)

A transição do desenho manual para o digital não se resume em uma mudança de ferramentas, mas representa uma nova maneira de pensar o processo de design. A revolução digital não é apenas mais uma revolução, porque não é uma simples troca de ferramentas, mas um paradigma completamente novo (Carmo, M., 2023). A digitalização permitiu aos arquitectos experimentar soluções com geometrias complexas e explorar formas que eram antes impraticáveis de se conceber e construir. A arquiteta Zaha

Hadid pode ser citada como exemplo claro da influência da digitalização ao ter abertamente estabelecido como assinatura dos seus trabalhos o conceito e utilização de técnicas de parametrização geométrica (Figura 20).



Figura 20 – Heydar Aliyev Center – Zaha Hadid Architects.

Composição de fotografias do icónico edifício projetado pelo gabinete Zaha Hadid Architects com auxílio de ferramentas de parametrização.

(fonte: <https://www.archdaily.com/448774/heydar-aliyev-center-zaha-hadid-architects>)

Na arquitectura, a automação tem ganhado espaço além do processo de conceção e design como também em outros setores industriais, no setor da construção e fabrico. A automação não só agiliza o processo de fabricação, mas também permite a produção de componentes altamente personalizados e complexos, entregando maior precisão e eficiência, sobretudo em processos onde há grande

repetibilidade (Carpo, M. 2023). A automação não está apenas transformando a maneira como os edifícios são construídos, mas também tem influência na própria estética da arquitetura, possibilitando infinitas experimentações e inovações de produção.

A experimentação no processo de design tem ganhado espaço não só com a automatização da indústria, mas principalmente com a incorporação da inteligência computacional nesse processo. Em sua obra, “*The Second Digital Turn: Design Beyond Intelligence*”, Mario Carpo expande essa discussão sob argumentações de que a arquitetura está entrando em uma fase em que os computadores não apenas reproduzem as decisões humanas, mas também geram soluções inovadoras com base em análises algorítmicas de dados complexos. Ele sugere que estamos sob uma mudança de paradigma, onde a segunda revolução digital é menos sobre o desenho em si e mais sobre a descoberta de novas formas e as possibilidades de execução (Carpo, M., 2017).

Outro tema presente nos debates da produção de arquitetura contemporânea é o uso da inteligência artificial (IA). Com a capacidade atual de processar grandes volumes de dados e identificar padrões que seriam impossíveis de se perceber manualmente, a IA permite aos arquitetos otimizar estudos e interpretar resultados como o desempenho energético, a previsão de necessidades dos usuários, e até mesmo simular o comportamento de um edifício em diferentes cenários (Leach, N. 2021). Dessa forma, é possível interpretar que a IA não substitui a criatividade humana, mas amplia as suas possibilidades e capacidades de produção.

No entanto, como aponta o livro “*The Death of Drawing*” de David Scheer, essa transformação também levanta questões e dúvidas a respeito da relação entre a tecnologia e a expressão artística. O autor questiona se a ênfase crescente na modelação tridimensional (3D) e nas simulações está diminuindo o valor do desenho manual e do ato de criar à mão. Ele argumenta que, apesar das vantagens da tecnologia, o ato de desenhar a mão continua sendo uma ferramenta poderosa para explorar a criatividade e a intuição dos arquitetos (Scheer, D., 2014).

Apesar dos questionamentos a respeito da incorporação da tecnologia e inovações na arquitetura, a transformação digital que se faz sentir de forma generalizada, surge na indústria da construção como uma mudança incontornável, que poderá trazer ganhos efetivos em eficiência, rigor e transparência. A transição para o contexto digital é, contudo, um desafio complexo, que deve merecer especial atenção (Costa et al., 2020).

De acordo com o relatório anual de 2020 realizado pela National Building Specification (NBS), os líderes da indústria da construção, em que a arquitetura se insere, serão nativos digitais, com uma abordagem de gerenciamento de informações que provavelmente será “digital em primeiro lugar”. A

atração de usar ferramentas digitais interessantes significa que organizações precisarão estruturar seus dados em formatos digitais (NBS, 2020).

A NBS apresenta também, em seu relatório da construção digital de 2021, o que terá o maior potencial de transformação positiva no ambiente construído nos próximos 5 anos. Como resumo dessa análise, o relatório aponta o Building Information Modelling (BIM) com o maior potencial, seguido da computação em nuvem, a “*offsite construction*”, os gêmeos digitais e as Realidades Virtual/Aumentada e Mista (NBS, 2021).

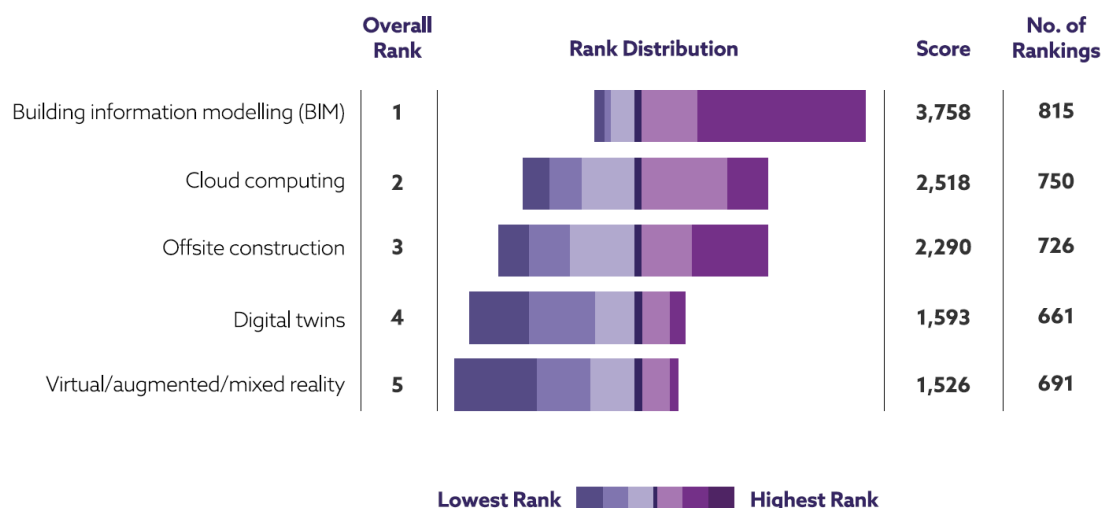


Figura 21 – Tendências Tecnológicas na Construção.
Ranking produzido pela NBS a respeito das tendências tecnológicas na construção.
(fonte: NBS, 2021)

Tendo como base o estudo apontado acima, de forma a justificar a relevância e protagonismo do BIM, é possível traçar um paralelo entre as restantes tendências apontadas pela NBS. O uso de modelo tridimensionais e informação agregada a esse modelo nos casos das Realidades Virtuais, Aumentada e Mista e Gêmeo digital são diretamente relacionadas com o conceito básico do BIM, enquanto o “*offsite construction*” ao fazer uso do BIM pode apresentar vantagens significativas, uma vez que faz uso de sistemas modulares, de forma sistemática e organizada através da metodologia BIM. Já a computação em nuvem é uma tecnologia com a capacidade de potencializar o BIM, expandindo a capacidade de interação dos modelos e gestão da informação. Abaixo, as tendências mencionadas apresentam-se de forma mais estruturada:

- Gêmeos Digitais (*Digital Twins*): Referem-se a uma replica digital de um edifício ou projeto arquitetônico. Essa cópia virtual pode ser criada utilizando a metodologia BIM, mas também pode incluir informações transmitidas em tempo real proveniente de sensores e outros sistemas de rastreamento conectados ao objeto a ser replicado. Com os gêmeos digitais é possível realizar análises de desempenho, acompanhar o desenvolvimento de patologias, simular diferentes cenários, entre outros.



Figura 22 – Gêmeo Digital.
Representação figurativa de um gêmeo digital - Autodesk
(fonte; <https://www.autodesk.com/solutions/digital-twin/architecture-engineering-construction>)

- Computação em Nuvem (*Cloud Computing*): Refere-se a um modelo de serviços de computação através da internet. A tecnologia isenta o usuário da dependência de recursos locais, como servidores, hardwares de alto desempenho e redes físicas, permitindo que os mesmos acessem e utilizem esses recursos de computação através de provedores de serviços *online*. É possível citar benefícios como, maior acessibilidade a recursos, partilha de dados facilitada, backup e recuperação de dados, otimização de espaço físico, contratação de serviços personalizados conforme a necessidade momentânea.

- *Offsite Construction*: É um termo utilizado para generalizar os tipos de construção realizados previamente, fora do estaleiro e sítio final da obra construída, que engloba conceitos como construção modular ou pré-fabricada. É um método de construção em que componentes de edifícios ou módulos de construção completos são fabricados em um ambiente de fábrica controlado, fora do local exato do empreendimento. Esses componentes são então transportados para o local e montados para criar a estrutura final. As vantagens desses sistemas vão desde o controle de qualidade, uma vez que produzidos em ambientes de fábrica permite maior consistência no produto, passando pela velocidade e limpeza da obra, até a maior previsibilidade de custos.



Figura 23 – Construção *Offsite*.

Processo de construção de um edifício com sistemas modulares. Construção completa em 28 dias pela empresa “Broad Group” da China.

(fonte; <https://builtoffsite.com.au/news/chinese-modular-construction-companies-on-the-ascent>)

- Realidade Virtual (RV): Pode ser definida como uma interface avançada para aplicações computacionais, que permite ao usuário navegar e interagir, em tempo real, com um ambiente tridimensional gerado por computador, usando dispositivos multissensoriais. Com base na imersão do usuário no ambiente virtual, é possível diferenciar a RV da Realidade Aumentada (RA) e Mista (RM), onde na primeira há obrigatoriedade de imersão completa do usuário no ambiente virtual, enquanto a RA e RM mesclam elementos do mundo real com elementos do mundo virtual. Na Arquitetura, já existem diversas aplicações automatizadas por softwares de uso comum. Desde a integração com o BIM, permitindo a visualização e experimentação do espaço projetado de forma digital através de dispositivos de RV, até aplicações para dispositivos móveis que servem de apoio à obra através da RA, promovendo a visualização de instalações ou posicionamento correto de elementos, por exemplo.



Figura 24 – Realidade Virtual - Enscape.
(fonte; <https://enscape3d.com/pt-br/recursos/realidade-virtual-arquitetonica>)

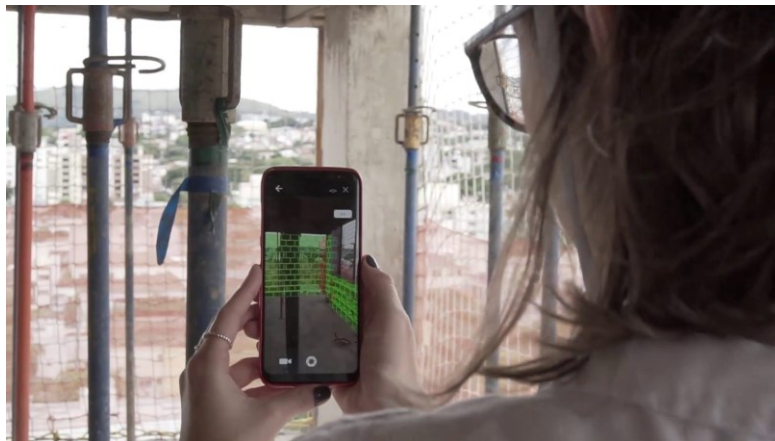


Figura 25 – Realidade Aumentada - Augin.
(fonte; <https://www.facebook.com/auginapp/>, 2021)

No contexto de digitalização e inovação tecnológica, o BIM tem se consolidado como uma metodologia fundamental para a indústria da construção, integrando ferramentas e novas tecnologias. Segundo Eastman et al. (2011), o BIM oferece uma plataforma abrangente que melhora a colaboração, reduz erros e aumenta a eficiência em todas as fases do ciclo de vida do projeto. Esta capacidade de integração e centralização torna o BIM essencial para enfrentar os desafios contemporâneos da construção, promovendo uma abordagem mais eficiente e coordenada.

A seguir é feita uma aproximação ao Building Information Modelling, de forma a perceber a evolução e definição do conceito e também realizar um enquadramento da situação atual de maturidade da metodologia no mercado e contexto em que se insere.

3.2 Evolução e Conceito

A metodologia BIM representa uma mudança de paradigma tecnológico e metodológico significativo não só na arquitectura, como em toda a indústria AEC, sendo parte de um movimento de revolução da forma como os edifícios e seus projetos são concebidos, construídos e geridos. A sua evolução remonta ao início dos *Computer Aided Design* (CAD) e dos *Building Information Systems* (BIS), que lançaram as bases para a integração das tecnologias digitais na arquitectura, engenharia e construção (AEC)

Apesar da relevância obtida dentro da arquitectura nos últimos anos, o conceito do BIM retoma aos finais dos anos 70 do séc. XX, quando o professor do Instituto de Tecnologia da Georgia, Charles M. Eastman cria o conceito de “*Building Product Model*”, que se aproxima muito da metodologia BIM de hoje. Alguns pesquisadores defendem que Eastman não criou o conceito, mas sim a terminologia, tendo em consideração que a primeira aparição e aplicação do termo BIM como é hoje conhecido foi empregue pelo arquiteto e estratega da indústria CAD, Phil Bernstein da *Autodesk*.

Porém, o termo foi popularizado apenas por Jerry Laiserin ao padronizá-lo como um nome comum para a representação digital de um processo de construção de edifícios. Até então cada fornecedor de software utilizava uma terminologia diferente, por exemplo a Graphisoft utilizava a designação *Virtual Building*, a Bentley Systems a designação *Integrated Project Models* e a Autodesk a designação *Building Information Modeling*. De acordo com alguns autores, a primeira implementação do BIM foi efetuada através do *Virtual Building* da aplicação ArchiCAD da Graphisoft em 1987 (Ferraz, M e Morais, R, 2012).

Tal desenvolvimento pode ser interpretado como uma resposta às limitações dos sistemas CAD 2D tradicionais. Houve o reconhecimento do potencial da utilização de modelos digitais para representar não só as formas geométricas, mas também os dados relevantes, associados aos elementos da construção.

O que hoje então é conhecido por *Building Information Modelling* (BIM), consiste em uma metodologia colaborativa para criação e gerenciamento de informação de um projeto durante todo o seu ciclo de vida. Pode ser considerado um dos resultados chave do processo o *Building Information Model*, que consiste em uma descrição digital de todos os aspetos do elemento construído. Esse modelo baseia-se em informações desenvolvidas de forma colaborativa e atualizado em etapas chave do projeto (Hamil, 2021).

Um marco na evolução do BIM foi o desenvolvimento de normas e protocolos industriais para facilitar a interoperabilidade entre diferentes plataformas de software envolvidas no processo de construção. Organizações como a então, *International Alliance for Interoperability* (IAI), atualmente conhecida como buildingSMART, desempenharam um papel crucial na promoção de normas abertas, como as *Industry Foundation Classes* (IFC), mais bem enquadrada no tópico 3.3.

A conceitualização do BIM vai além da mera modelação 3D, o conceito engloba uma abordagem holística à gestão do ciclo de vida dos edifícios, integrando diversos níveis de informação associada, de forma a incluir aspetos relacionados ao espaço, tempo e função. O BIM facilita a colaboração e a comunicação entre os participantes do projeto, permite que arquitectos, engenheiros, empreiteiros e proprietários trabalhem em conjunto num ambiente coordenado.

Dentre os diversos fatores que impulsionam a adoção do BIM, é possível citar temas urgentes do cotidiano contemporâneo como a necessidade de maior eficiência no processo construtivo, sustentabilidade e rentabilidade na indústria AEC. Ao permitir a visualização, a análise e a simulação em uma fase inicial, o BIM ajuda a identificar e a atenuar os conflitos do projeto, a otimizar o desempenho do edifício e a reduzir os erros e o retrabalho durante a construção.

Além disso, o BIM facilita a integração de tecnologias emergentes, como as já citadas Realidades Virtual, Aumentada e Mista, Gêmeos Digitais e outras que ganham espaço e começam a expressar-se também na arquitectura, como a Inteligência Artificial, influenciando na capacidade de tomada de decisões e consequentemente o resultado dos projetos. Desde o projeto e construção até a operação e manutenção, o BIM oferece uma plataforma abrangente para gerir todo o ciclo de vida do edifício.

3.3 Enquadramento

Após a compreensão do que é o BIM, é possível interpretar como um conjunto de políticas, processos e tecnologias que resultam em uma metodologia de trabalho colaborativa e integrada (figura 26) capaz de gerir, a partir de um modelo virtual (*Building Information Model*), a representação necessária 3D e dados do projeto em um formato digital durante todo o ciclo de vida da construção.

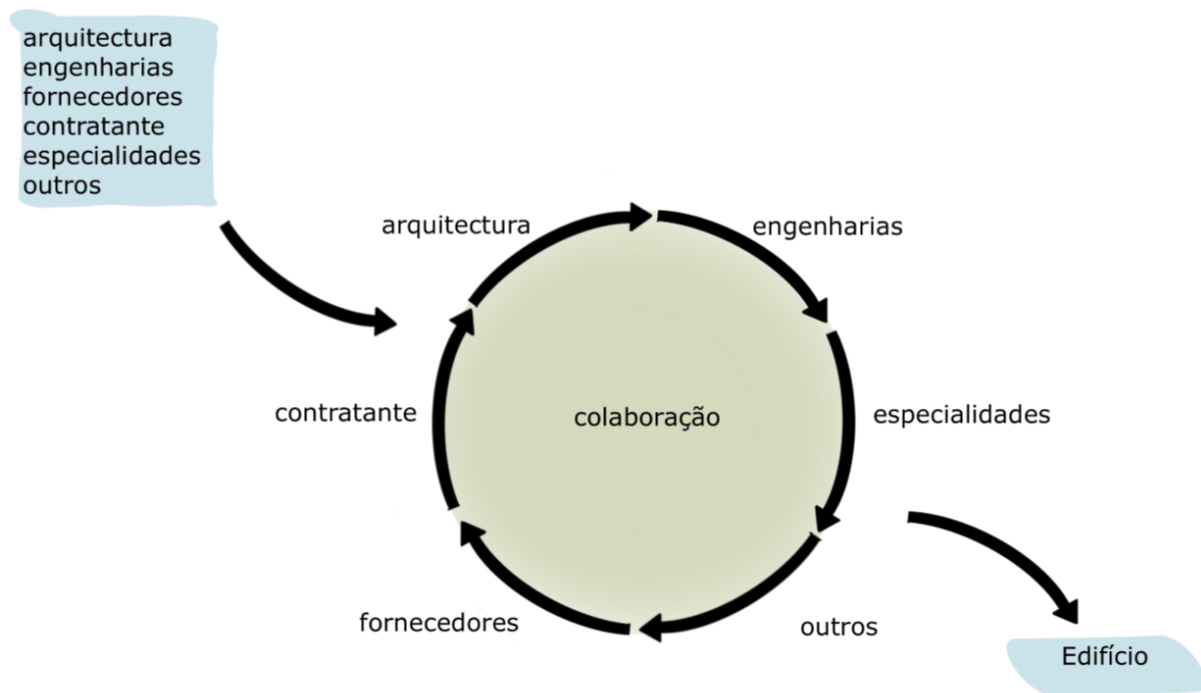


Figura 26 – Sistema Colaborativo de Construção.
(fonte: produção própria)

A implementação BIM em organizações, gabinetes e projetos surge como um processo complexo, que deve ser abordado de forma estruturada e sistematizada. As organizações devem ser capazes de mapear processos, identificar trocas de informação, adaptar as suas estruturas organizativas e implementar metodologias e planos de execução BIM integrados. Transversalmente a todos estes desafios surge a necessidade da normalização BIM. Este é um ponto crítico, cuja complexidade exige especial cuidado, mas que contribui de forma decisiva para alavancar a vantagem competitiva permitida pela utilização integrada do BIM (CT179, 2016).

3.3.1 Normalização

No panorama internacional, já há alguma maturidade no desenvolvimento de normas, sendo possível realçar exemplos como o desenvolvimento através da buildingSMART, organização internacional que visa melhorar o intercâmbio de informações entre softwares utilizados em toda a indústria da construção, inclusive arquitectura, para a criação de diversos padrões específicos que cubram diversos recursos de processos e informações exclusivas para os usos BIM, como por exemplo: um formato de modelo de dados específico para a indústria (*Industry Foundation Classes – IFC*, figura 27), uma metodologia para definir e documentar processos de negócios e dados requisitados (*Information Delivery Manual – IDM*), dentre outros (McPartland, 2017).

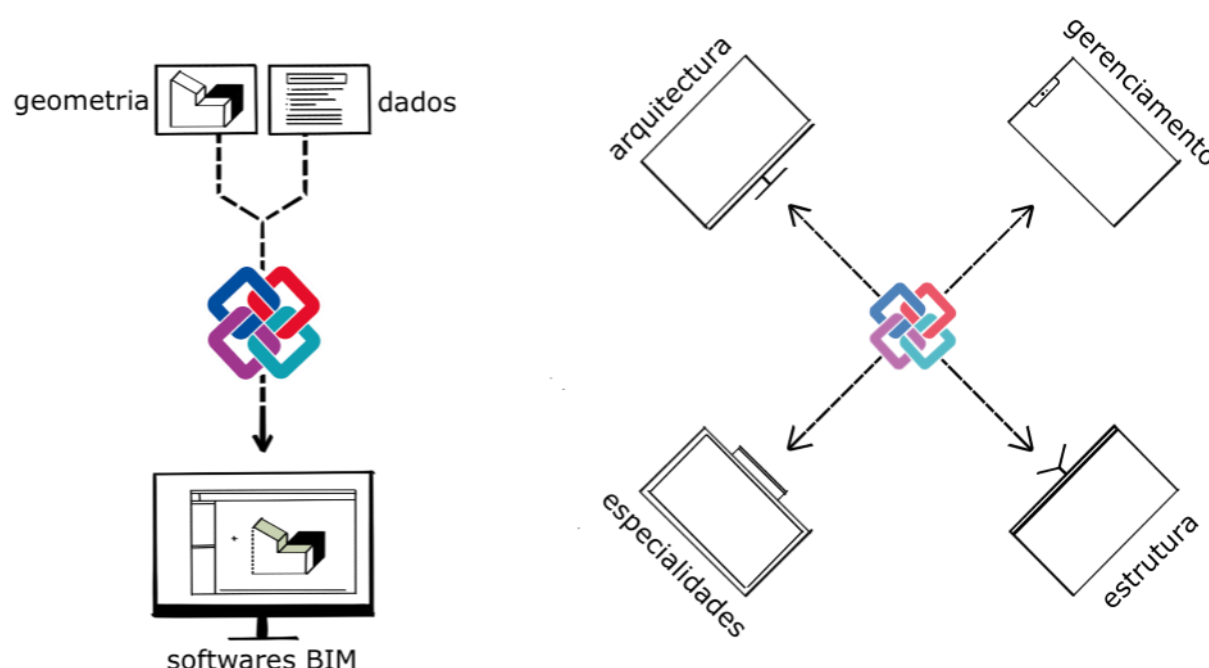


Figura 27 – Funcionamento IFC.
(fonte: produção própria)

Assim como a padronização do IFC e do IDM serem baseadas em normas ISO (ISO 16739-1, 2018) e (ISO 29481-1, 2016) respetivamente, há através da Organização Internacional de Normalização (ISO) a ISO 19650 que estabelece conceitos e princípios recomendados para processos de negócios em todo o setor da construção para apoiar a gestão e produção de informação durante o ciclo de vida do bem construído quando utilizada a metodologia BIM. (ISO 19650-1, 2018).

Diversos países já possuem suas próprias normas e guidelines BIM como a Dinamarca, Coreia do Sul, Finlândia, Hong Kong, Austrália, Reino Unido, etc. Como referência, deve ser citado o caso do Reino Unido, uma vez que conta com guias como AEC BIM protocol e a normativa PAS1192-2 (especificações

para o gerenciamento de informações utilizando BIM), impulsionados pelo Cabinet Office britânico, responsável pelas metas estratégicas entretanto estabelecidas de utilização BIM obrigatória a partir de 2016. (CT197, 2016). O movimento inglês de digitalização da indústria da construção impulsionou uma mudança generalizada a nível europeu de forma a resultar na criação do grupo de normalização europeu CEN/CT 442, e do EU BIM Task Group, cofinanciado pela Comissão Europeia.

O Reino Unido conta também com a NBS (National Building Specification) para a normalização e padronização do seu cenário BIM. Com base em seus relatórios anuais é possível tomar conhecimento do nível de implantação BIM, assim como estratégias e visões de futuro da tecnologia na indústria AEC. A décima pesquisa anual, publicada no NBS Report 2020, com profissionais da indústria AEC, mostra a clara consolidação do BIM, apontando um crescimento de 13% para 73% (60% a mais) no conhecimento ou uso da tecnologia e a redução de 43% para apenas 1% no número de entrevistados que desconhecem o BIM (NBS, 2020).

BIM awareness and 'use' 2011 vs 2020

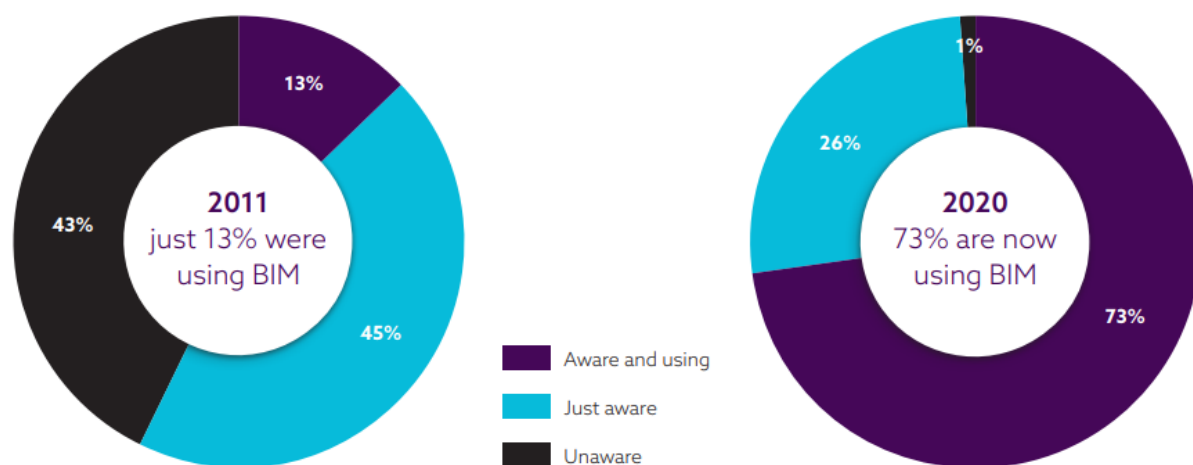


Figura 28 – Conhecimento e uso a respeito do BIM – 2011 vs 2020.
(fonte: NBS, 2020)

Ainda com base na pesquisa publicada no relatório de 2020 da NBS, como projeção para o futuro, há a afirmação de que o BIM e a boa gestão da informação são os alicerces para a introdução de novas ferramentas digitais e formas de trabalho. Essas tecnologias andam de mãos dadas com o BIM para melhorar a visualização dos projetos para os clientes, o compartilhamento de dados técnicos com outros

membros da equipe do projeto e a conexão de diferentes tipos de dados em todo o projeto e dentro de um ativo.

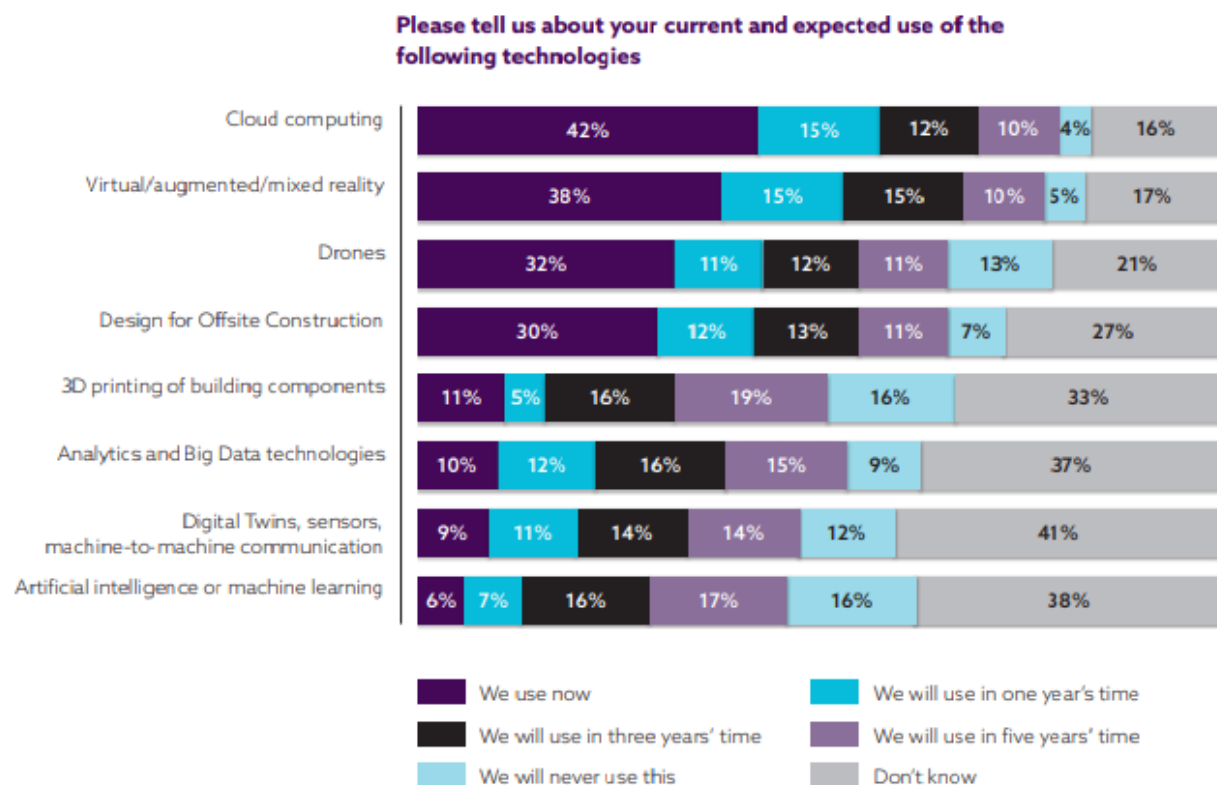


Figura 29 – Gráfico informativo a respeito do uso das tecnologias relacionadas ao BIM.
(fonte: NBS, 2020)

O cenário português conta com iniciativas e grupos de pesquisa e discussão, como o congresso ptBIM, que envolve a participação ativa das comunidades profissionais e académica das áreas de Arquitetura e Engenharia envolvidas com a metodologia BIM. A importância do ptBIM no cenário nacional é incontestável, tendo como exemplo a 2ª edição, onde teve lugar a publicação do Guia de Contratação BIM, desenvolvido pela Task Force “Contratação BIM” da CT-197. (Costa & Azenha, 2018).

Ao nível de desenvolvimento português é importante citar a criação da Comissão Técnica 197 (CT-197), coordenada pelo Organismo de Normalização Setorial do Instituto Superior Técnico (ONS/IST), que atua como mirror committee do CEN/TC442 e ISO/TC59 e é a entidade delegada pelo Instituto Português de Qualidade (IPQ) como responsável pelo desenvolvimento da normalização no âmbito dos sistemas de classificação, modelação da informação de processos ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos de construção (António Aguiar Da Costa et al., 2017).

A normalização portuguesa deu recentes passos importantes que começam a moldar o futuro da utilização da metodologia BIM na prática arquitetónica portuguesa. A substituição da portaria 701-H de 2008 pela 255/2023, aponta instruções para a elaboração de projetos de obras públicas que acompanham a “evolução natural da tipologia de obras públicas e dos correspondentes sistemas técnicos e tecnológicos de construção”, conforme descrito na portaria publicada no diário da república a 07 de agosto de 2023 e menciona o BIM nesse processo.

Como exemplo da relevância do tema na atualização da portaria mencionada, é possível citar:

Artigo 1.º Definições:”gg) «Telas finais», o conjunto de desenhos finais do projeto, em suporte físico ou eletrónico, podendo ser também entregue em modelo de informação da construção (BIM), integrando as retificações e alterações introduzidas no decurso da obra e que traduzem o que foi efetivamente construído.”

Artigo 12.º Importância das fases do projeto: “3 — A assistência técnica especial e o plano de execução do modelo de informação da construção (BIM), quando não estiverem previstos no caderno de encargos, são serviços que podem ser contratados especificamente, para além dos referidos no número anterior.”

Outro passo muito importante a nível de normalização em Portugal é a publicação da primeira Lei nacional a referir a obrigatoriedade de apresentação de projetos de arquitetura e especialidades em modelos BIM, alterando os antigos RGEU e RJEU. A portaria número 50/2023 para além da revisão de vários regulamentos “... autoriza o Governo a proceder à reforma e simplificação dos licenciamentos no âmbito do urbanismo e ordenamento do território.” [...] A autorização legislativa referida no artigo anterior é atribuída com o seguinte sentido e extensão: [...] v) Determinar a obrigatoriedade de se apresentar o projeto de arquitetura e os projetos de especialidades modulados digital e parametricamente e coordenados de acordo com a metodologia Building Information Modeling (BIM), podendo ser estabelecido um projeto piloto apenas para alguns municípios ou projetos”.

Por fim, o cenário atual BIM em Portugal apresenta no primeiro semestre de 2024 mais um passo que afirma a direção da prática da arquitetura no mercado português. Há a publicação na portaria nº 71-A/2024, de 27 de fevereiro a menção explícita de obrigatoriedade do uso da metodologia BIM no que diz respeito aos elementos instrutórios para o licenciamento, como nas transcrições a seguir:

“A partir de 1 de janeiro de 2030, é obrigatória a submissão dos projetos de arquitetura modelados digital e parametricamente de acordo com a metodologia Building Information Modelling (BIM), num formato de dados abertos,...” [...] “... previu-se a existência de uma Plataforma Eletrónica dos

Procedimentos Urbanísticos, que permita: i) apresentar pedidos online; ii) consultar o estado dos processos e prazos; iii) receber notificações eletrônicas; iv) obter certidões de isenção de procedimentos urbanísticos; v) uniformizar procedimentos e documentos exigidos pelos municípios, evitando a multiplicação de práticas e procedimentos diferentes; e, entre outras funcionalidades; a vi) futura submissão de pedidos em formato Building Information Modelling (BIM), com automatização da verificação do cumprimento dos planos aplicáveis. Esta plataforma será de utilização obrigatória para os municípios a partir de 5 de janeiro de 2026 e não será possível adotar passos procedimentais ou documentos que nela não se encontrem previstos."

As medidas normativas explicitadas acima apontam a prática da profissão do arquitecto alinhadas com o panorama geral contemporâneo de digitalização da indústria, otimização de processos e visão de futuro alinhados com um pensamento sustentável pautado em uma metodologia colaborativa.

3.3.2 Aplicação

Ao olharmos para as aplicações da metodologia BIM em conjunto com os desafios contemporâneos, conseguimos perceber os potenciais impactos positivos frente aos desafios que se apresentam. Como mencionado no capítulo 2.3, a possível marginalização do arquitecto no processo de projetar edifícios industriais nos tempos atuais, é um dos desafios a enfrentar onde o BIM pode contribuir de maneira positiva.

A metodologia BIM oferece uma abordagem colaborativa à conceção, construção e operação, de forma a facilitar uma melhor coordenação entre equipas multidisciplinares. Ao criar um modelo digital centralizado que integra sistemas arquitetónicos, estruturais, MEP, entre outros, o BIM simplifica a comunicação e a tomada de decisões, reduzindo o retrabalho e garantindo que os requisitos funcionais são cumpridos sem que se comprometa a integridade arquitetónica.

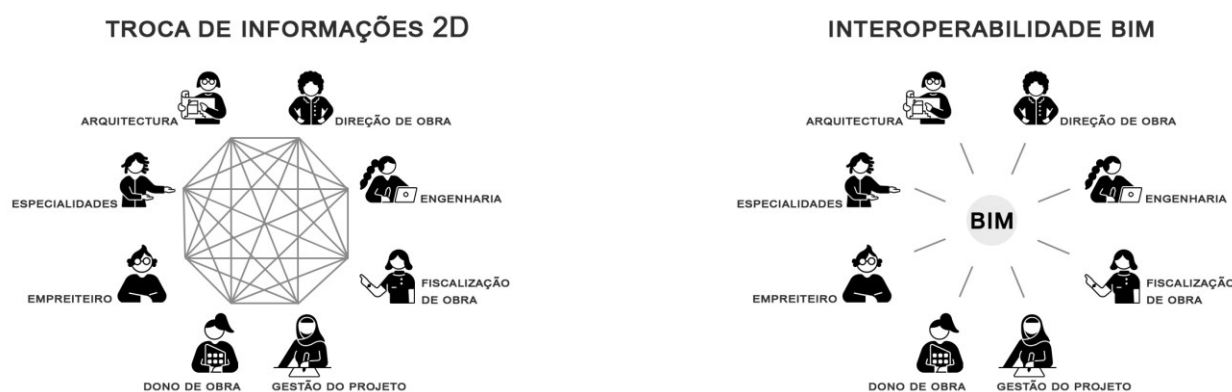


Figura 30 – Interoperabilidade BIM – Comparação entre a troca de informação 2D e BIM.
(fonte: produção própria)

Além disso, o BIM é capaz de permitir a visualização espacial e integração do modelado no contexto do ambiente a ser construído. Através de ferramentas de visualização avançadas, como os automatismos entre os softwares BIM e softwares de Realidade Virtual, os arquitectos podem simular a forma como esses edifícios irão interagir com a sua envolvente, avaliando fatores como a escala, a massa e a materialidade. Esta compreensão contextual pode ser mais facilmente tida em conta e justificada nas decisões de projeto, assegurando que o contributo da arquitectura seja valorizado ao longo do processo.

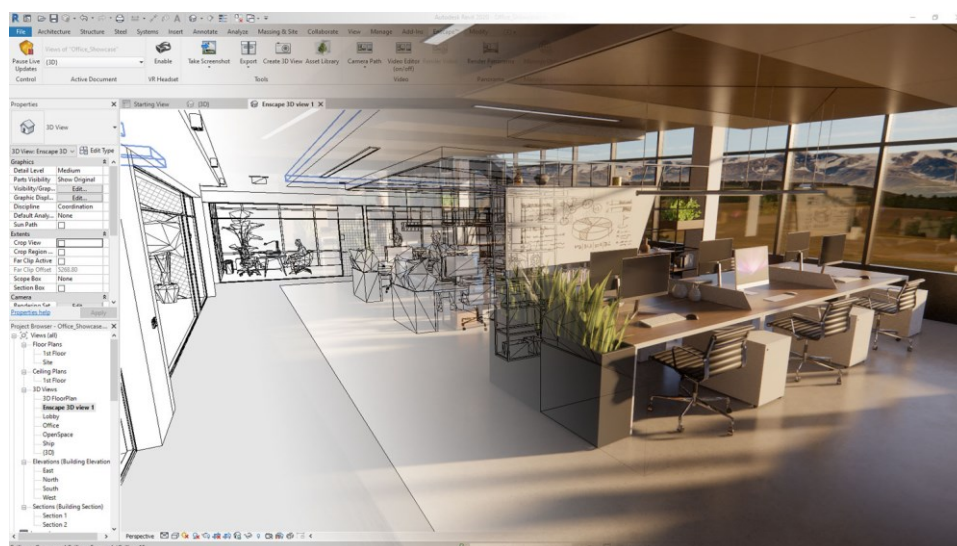


Figura 31 – Renderização em tempo real com base no modelo BIM (Revit + Enscape).
(fonte: <https://www.design8.eu/en/render-software/enscape>)

Tendo como base o processo colaborativo em que o BIM se baseia, é possível confirmar a relevância e atualidade da sua conceituação. Porém, é possível ir além do conceito de inclusão e participação dos intervenientes necessários para o bom desenvolvimento e manutenção do bem construído e enquadrar a relevância da metodologia no contexto da necessária capacidade de adaptação e durabilidade requerida nas construções contemporâneas.

Com ferramentas de projeto que são de forma fundamental, colaborativas, flexíveis e adaptáveis, o BIM insere-se no discurso de criação de arquitectura efêmera, transitória e participativa. Ao desenvolver modelos paramétricos no ambiente BIM, os arquitectos podem ajustar parâmetros geométricos e informativos de forma a explorar opções de design alternativos, permitindo respostas dinâmicas a necessidades e contextos em mudança, como explorado no capítulo 2.2.

Os conceitos basilares da arquitectura efêmera são suportados pelo BIM quando olhamos para a capacidade de experimentação de materiais alternativos, aliados a softwares de desempenho (estrutural, térmico, acústico, visual), assim como a análise dos sistemas de construção modular e estruturas temporárias, capazes de serem planeadas desde o transporte à montagem e possível desmontagem,

através de modelos tridimensionais. As análises se estendem até a melhor percepção dos impactos ambientais associados às decisões projetuais, como análises de sustentabilidade, possivelmente vinculadas aos modelos, que têm em conta diversos parâmetros associados, durante todo o ciclo de vida das construções.

O uso da metodologia BIM como ferramenta para promover e implementar os ideais do desenvolvimento sustentável (capítulo 2.1) têm ganhado cada vez mais espaço e notoriedade. As aplicações do BIM podem proporcionar melhorias como a otimização do design e simulações de performance, análises de materiais e ciclo-de-vida, estudos de eficiência de operação e impacto ambiental (Saleh, F. 2024), por exemplo.

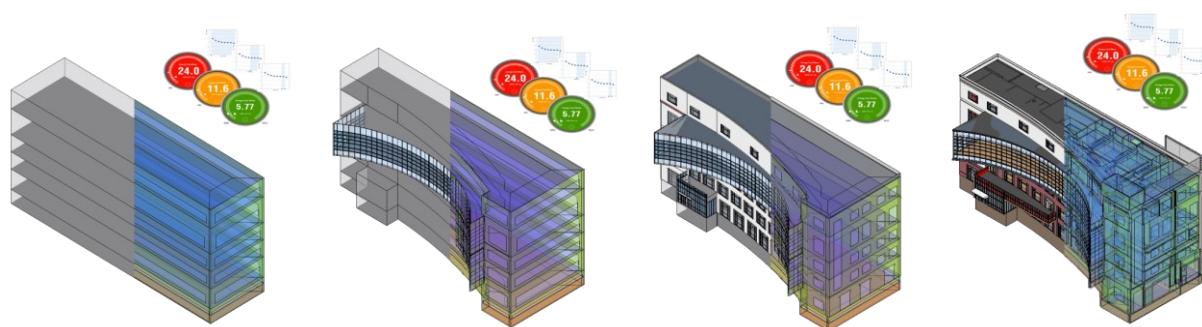


Figura 32 – Insight para Revit – Software de análises de sustentabilidade vinculada ao modelo BIM.
(Autodesk Insight webinar part 1: Learn everything about Insight)

Através dos algoritmos avançados de otimização integrados em modelos BIM, os arquitetos possuem a capacidade de aperfeiçoar de forma interativa os projetos, a fim de obter o máximo de desempenho energético. As aplicações no campo da sustentabilidade vão além da concepção arquitetônica, ferramentas BIM podem contribuir para a seleção automatizada de materiais com base em critérios sustentáveis (Costa, D. 2019), enquanto as metodologias de avaliação do ciclo-de-vida (LCA), podem ser facilitadas por algoritmos de Inteligência Artificial (Hauschild, 2020).

Os controles inteligentes dos edifícios, a automatização e a monitorização em tempo real facilitados pelas ferramentas BIM aumentam a eficiência operacional, conforme estudos demonstram (Rashid, 2019). Além disso, a aplicação da metodologia BIM ajuda no cumprimento de normas e certificações de conformidade regulamentar, reduzindo assim a pegada ambiental. A integração de estratégias de redução de resíduos e de iniciativas de transparência exemplifica ainda mais o papel abrangente da BIM na resposta aos desafios da sustentabilidade operacional (Saleh, F. 2024)

4. EXPERIÊNCIAS PROFISSIONAIS

Frente ao contexto dinâmico da arquitetura e construção contemporâneas verificou-se como a integração do BIM surgiu como uma força transformadora, remodelando os paradigmas tradicionais e revolucionando as práticas da indústria AEC. Neste capítulo apresenta-se uma reflexão a partir de uma experiência prática pessoal sobre a implementação BIM em um contexto profissional particular que convoca alguns outros temas atuais como energia e arquitetura para não-pessoas.

O capítulo apresenta um olhar sobre o desenvolvimento da implementação da metodologia BIM no contexto específico do setor da Indústria e Energia da empresa Quadrante Engenharia, onde faço parte do grupo de colaboradores responsável pela implementação e coordenação BIM desde finais de 2022. Com base em experiências pessoais e conhecimentos profissionais obtidos através do meu envolvimento, tenciono demonstrar os desafios enfrentados, as estratégias utilizadas e os marcos alcançados. Além disso, este capítulo apresenta através de uma seleção de projetos dos quais tive participação, a aplicação prática da metodologia BIM, de forma a sublinhar as suas potencialidades.

4.1 BIM no Setor da Energia

O setor da energia está na frente das discussões contemporâneas e desafios globais, com a tarefa de articular a interação entre sustentabilidade, gestão de recursos e inovação tecnológica. Neste contexto, a integração da metodologia BIM surge como estratégia essencial, de forma a alinhar-se com os objetivos gerais do setor em caminho ao desenvolvimento sustentável.

Com as crescentes preocupações sobre as alterações climáticas e a degradação ambiental, é imperativo que a indústria adote processos mais eficientes. O BIM permite que as partes interessadas otimizem o desempenho dos edifícios através de análises abrangentes e automatizadas do consumo de energia, produção de resíduos e impacto ambiental, por exemplo.

Nesse sentido, o BIM funciona como um catalisador para a inovação e o avanço tecnológico no setor. Em uma era caracterizada pela rápida evolução tecnológica, aproveitar o poder das ferramentas digitais é essencial para se manter competitivo e impulsionar o progresso. O BIM permite que se otimize a integração de diversas fontes de dados, incluindo sensores IoT (*Internet of Things*) para a produção de *Digital Twins* (capítulo 3.1), sistemas de monitorização de energia e análises preditivas, facilitando assim uma análise mais abrangente à gestão de energia.

Outro aspeto importante de ser levantado é a promoção, através do BIM, da colaboração e sinergia interdisciplinar do setor em conjunto com os restantes intervenientes. Tradicionalmente, a indústria tem sido caracterizada por fluxos de trabalho individualizados por especialidades e de comunicação fragmentada, dificultando a realização de soluções integradas. O BIM é um caminho para suavizar essa barreira ao fornecer uma plataforma comum para que as partes envolvidas colaborarem, partilharem informação e alinhem objetivos, ao longo de todo o ciclo de vida do projeto. Quer se trate de engenheiros, arquitectos, empreiteiros ou gestores, o BIM promove a colaboração interdisciplinar.

Embora o conceito do BIM aplicado ao sector vertical/construção tenha sido exaustivamente discutido e debatido nos últimos 20 anos, o sector horizontal/infra-estruturas só recentemente (6-8 anos) tem observado e aprendido mais ativamente com esses esforços e tentado aplicar os princípios e métodos BIM ao seu domínio. De certa forma, isto pode ser simples, uma vez que existem frequentemente activos de "construção" nos sistemas de infra-estruturas (por exemplo, estação/terminal de comboios/autocarros, terminal de aeroporto, etc.), mas devido à natureza física e funcional única dos sistemas e componentes (por exemplo, uma rede ferroviária, as suas vias, comutação, sinalização, comunicações, energia, etc.), a aplicação do BIM exige também uma análise mais aprofundada (BuildingSMART, 2024).

O panorama atual do setor de energia caracteriza-se pela ênfase crescente na tomada de decisões baseada em dados e na otimização de desempenho. A produção de edifícios industriais como os retratados no capítulo 2.3 torna-se frequente e em paralelo está o desenvolvimento do setor de energia que suporta essas tipologias sob as mesmas premissas de desenvolvimento.

Sob esse contexto, a seguir retrata-se o desafio de implementação BIM que se iniciou no ano de 2023 e segue em curso como processo de melhoria contínua com o objetivo de enquadramento no atual nível de desenvolvimento tecnológico em que o mercado se insere e acompanhamento da evolução progressiva que é possível observar.

4.1.1 Implementação no setor da Indústria e Energia

A fim de contextualizar a inserção do setor de Indústria e Energia dentro da empresa e facilitar a compreensão do fluxo de informação interno, é importante ressaltar que este setor é parte integrante de uma organização que opera com áreas de negócio distintas para o desenvolvimento de projetos. Dentro desse contexto, a colaboração entre especialidades é fundamental e varia de acordo com as características específicas de cada projeto em desenvolvimento.

A Quadrante engloba diversas unidades de negócio, cada uma focada em segmentos específicos, tais como Edifícios, Transportes, Indústria e Energia, Serviços de Águas e Resíduos, Ambiente, Cidades, Aeroportos, além de Gestão e Supervisão da Construção (Figura 33). Essa estrutura organizacional permite uma abordagem multidisciplinar e integrada, de forma que o fluxo de informação é constante entre diferentes equipas.

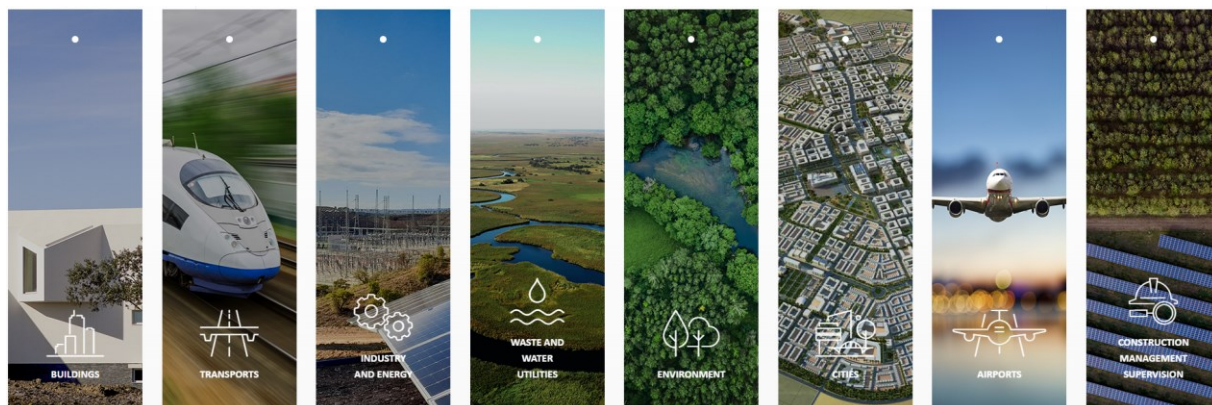


Figura 33 – Unidades de Negócio – Quadrante.
(fonte: <https://www.quadrante-engenharia.pt/>)

Em parte das unidades de negócio, como Edifícios e uma porção da Indústria, a metodologia BIM já está estabelecida como o padrão de fluxo de trabalho, especialmente nos trabalhos relacionados a arquitectura, obras civis e estruturais. No entanto, em outras áreas, a adoção do método tradicional em 2D ainda persiste como uma realidade presente. Essa disparidade criou o desafio de elevar a área da Energia ao mesmo patamar das unidades que possuem maior maturidade BIM.

Com isso, os objetivos a serem alcançados no processo de implementação BIM podem ser interpretados como uma resposta aos desafios enfrentados no cenário global contemporâneo, como descrito no capítulo 2. Com a adoção do BIM a empresa busca alinhar-se com as tendências de mercado, aumentar a produtividade e qualidade do trabalho interno, bem como aprimorar a gestão da informação dentro da organização.

Em uma fase inicial, um dos desafios é perceber quais serão os benefícios que o BIM pode trazer a uma equipe que já tem os seus processos bem mecanizados na produção 2D. É exatamente por esse ponto que no início do processo de implementação, a metodologia de trabalho de uma equipe deve ser analisada meticulosamente, tanto do ponto de vista de comunicação e fluxo de informação no decorrer de um projeto quanto nas necessidades técnicas necessárias.

A definição prévia de objetivos simples e claros com a metodologia BIM contribui para que a sua implementação decorra de maneira fluida e sem percalços. Quando os objetivos não estão claros, é

comum que os intervenientes percam o foco na sua tarefa e que retornem às suas metodologias antigas. Quando todos os intervenientes percebem o papel que as suas ações têm no objetivo global, o trabalho de implementação é mais eficaz.

A fim de tornar a descrição da implementação mais simples e perceptível, tomarei como exemplo o fluxo de trabalho desenvolvido para projetos de Subestações de Energia. No caso dos projetos de Subestações, foi definido que os objetivos gerais com a implementação da metodologia BIM, em uma primeira etapa, seriam os seguintes:

- Desenvolvimento de um modelo tridimensional com todas as disciplinas integradas;
- Criação de peças desenhadas a partir dos modelos tridimensionais;
- Extração de quantidades a partir do modelo;
- Coordenação tridimensional;
- Utilização dos modelos para simulação, análise, revisão e tomadas de decisão.

Quando a maturidade BIM de uma equipa ainda é reduzida, é normal que estes objetivos sejam adaptados às suas competências, é importante frisar que a produção de um projeto de Subestações Elétricas, por exemplo, em metodologia mista não equivale a um insucesso da implementação BIM em um primeiro momento, mas sim a uma transição coesa e realista a uma nova maneira de trabalhar.

O desenvolvimento de Subestações Elétricas é um trabalho colaborativo entre engenheiros de diversas especialidades; Eletromecânica, Estrutural, Civil, Mecânica e Hidráulica, tendo a Arquitectura incluída no processo de criação, porém de forma reduzida e menos influente que as demais especialidades com contributos técnicos e funcionais. Esse trabalho interdisciplinar e colaborativo deve ser espelhado na Metodologia BIM, mais propriamente, nos modelos resultantes dela. A ideia da elaboração e definição de um fluxo de trabalho BIM passa por deixar claro a todos os intervenientes do projeto quais são os elementos que devem estar modelados, em que modelo devem ser inseridos e por fim, em que fase de projeto essa modelação irá acontecer. Da mesma forma que definir a lógica de utilização do *Common Data Environment* (CDE) da empresa para a partilha e gestão da informação.

Para guiar o desenvolvimento, optamos pelo uso do *Revit* como o software base de modelação BIM. Essa escolha se justifica pela sua grande relevância no mercado, suas capacidades de integração com outros softwares essenciais e sua melhor adaptação ao fluxo de trabalho interno das unidades de negócio que já operam com BIM, uma vez que o *Revit* é o software padrão adotado pela empresa, de forma a afirmar ainda mais a sua escolha como a opção ideal para nosso objetivo.

De maneira geral, os modelos *Revit* para um projeto de uma Subestação de Energia são constituídos a partir da integração dos modelos das seguintes especialidades, Modelo Eletromecânico (HVE – *High Voltage Energy*), Modelos Civis (PLT – Plataforma) e Modelos do Edifício (ARQ – Arquitetura, EST – Estrutura e MEPs – *Mechanical, Electrical and Plumbing*). A quantidade de modelos de cada especialidade, bem como o proprietário, varia de acordo com a fase do projeto e as suas particularidades. A soma de todos os modelos Revit resulta no Modelo de Coordenação da Subestação (CRD) federado, sendo o processo de coordenação normalmente efetuado no software *Navisworks Manage*.

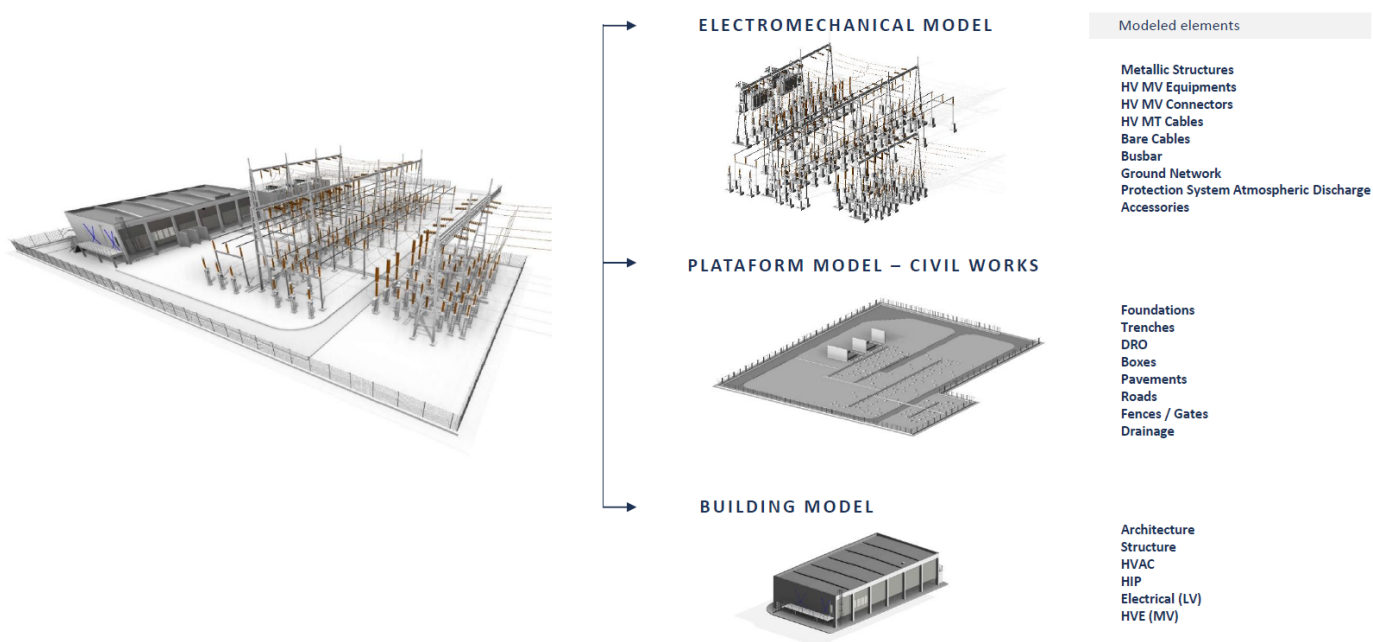


Figura 34 – Divisão de modelos de Subestação.
(fonte: produção própria)

O âmbito geral do modelo HVE é constituído por todos os Equipamentos Eletromecânicos de Média e Alta Tensão, Conectores e Cabos, bem como pelos elementos resultantes dos estudos de especialidade, tais como Proteção de Rede de Terras, Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas, Iluminação Exterior, Circuito Fechado de Televisão e Sistema de Intrusão, e outros que possam resultar das necessidades do projeto. Em casos de situações com que justifiquem o levantamento de pré-existências, fluxos de trabalho BIM foram desenvolvidos para se fazer uso do LiDAR, tendo como base a nuvem de pontos para a modelação e criação de um “Modelo Existente” (Figura 36).

Guiados pelo fluxo de trabalho estabelecido para as Subestações, no qual a unidade de negócios de Energia define os requisitos e as necessidades de projeto para as demais especialidades envolvidas, o modelo de HVE incorpora, em sua fase inicial, elementos indicativos para orientar as equipes. Um exemplo são as estruturas metálicas de suporte aos equipamentos eletromecânicos, que serão

desenvolvidas pela equipe de estruturas industriais. Estes elementos iniciais serão usados como base para a modelação e cálculo nos softwares *Advance Steel*/ou *Tekla*, sendo incorporados nos modelos em fases mais avançadas do projeto.

METALLIC STRUCTURE

(Parametric)



ELECTROMECHANICAL EQUIPMENTS

(Not Parametric)



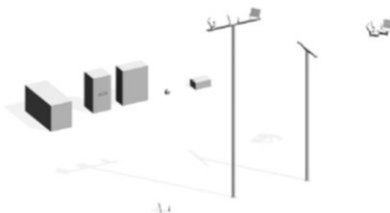
FLEXIBLE CABLES

(Parametric/Adaptable)



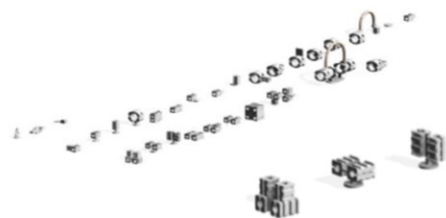
ACCESSORIES

(Parametric)



CONNECTORS

(Not Parametric)



CIVIL ELEMENTS AND FOUNDATIONS

(Parametric)

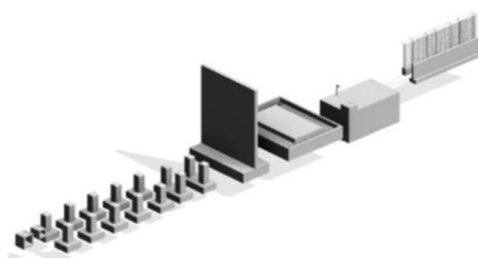
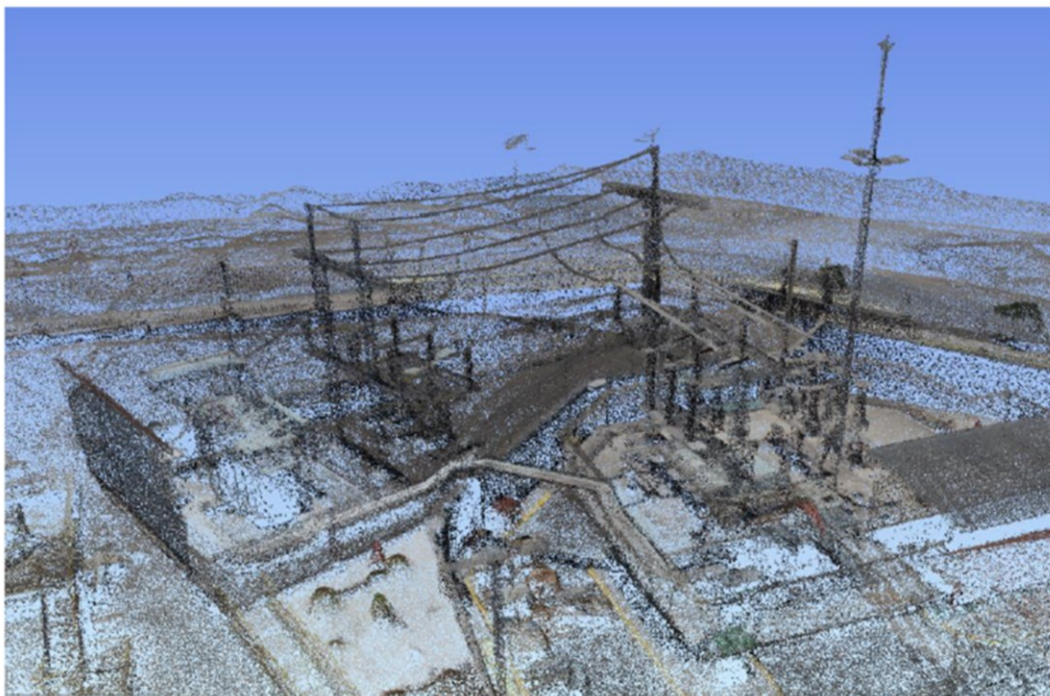


Figura 35 – Catálogo Genérico – Projeto de Subestações.
(fonte: produção própria)

POINT CLOUD SURVEY



REVIT MODEL – EXISTING SE

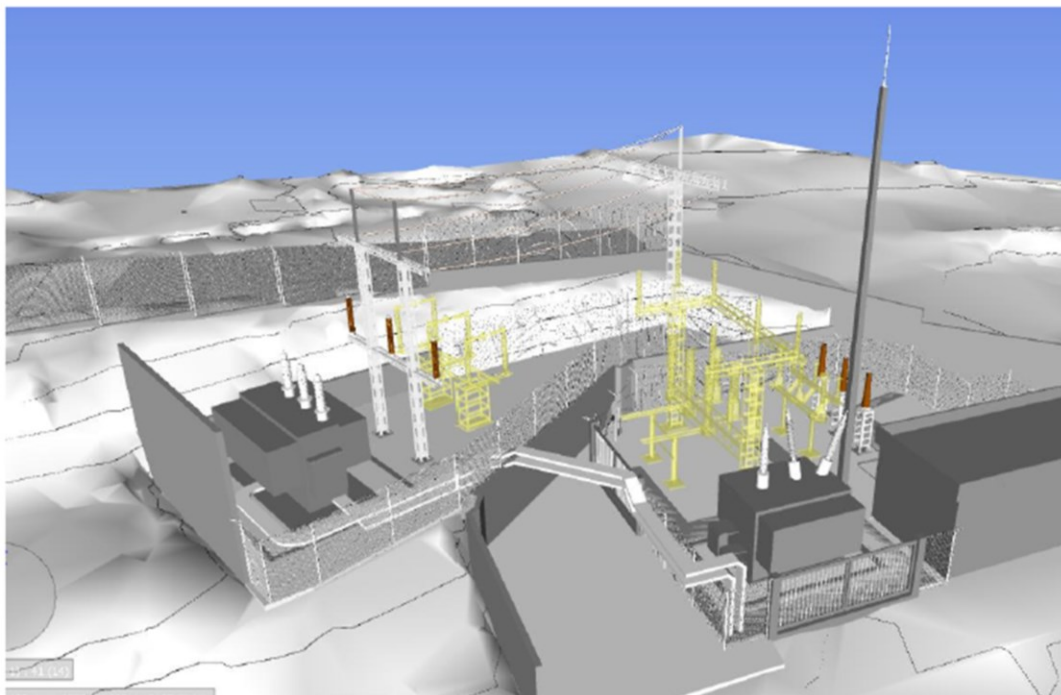


Figura 36 – Nuvens de Pontos como base para Modelação em Revit – Projetos de Subestações.
(fonte: produção própria)

Assim como ocorre com os elementos iniciais contidos no modelo HVE, que serão posteriormente substituídos pelas equipes específicas, os modelos de obras civis da plataforma e arquitetura são iniciados pela equipe de eletromecânica, estabelecendo assim a base de trabalho com as diretrizes iniciais. O modelo de obras civis da plataforma (PLT) abrange elementos como fundações, maciços, pavimentos, caixas de infraestrutura, vedações e portões de acesso. Esses elementos são desenvolvidos com base em um catálogo genérico elaborado para esse propósito. Conforme o projeto avança, a equipe de estruturas industriais assume a responsabilidade pelo modelo PLT, realizando substituições e adaptações necessárias nos elementos.

Model Scope	
Model	Description
Energy – Medium/High Voltage (HVE)	MV and HV Equipments, Connectors and Cables. Earth Ground-Network Protection Elements. Protection System Against Atmospheric Discharges devices and protection cloak. Exterior Lightning poles, lights and cables. Circuit-Closed Television poles and cameras. Intrusion System sensors. Steel Gantry. Metallic structures for secondary equipments.
Civil Works (PLT)	Access and Internal Roads. Platform Drainage. Foundations for Support Structures. Cable Trenches. Exterior and Interior Fences and Gates. Structural Walls.
Architecture - Control Building (ARQ)	Control Building Facades, Interior and Finishes.
Structure - Control Building (EST)	Control Building Foundations, Main Structures, Roof Framework, other building structural needs.
Mechanical - Control Building (ACV)	Control Building Climatization Systems, Equipments, Ducts and Pipes.
Hydraulics - Control Building (HIP)	Water Supply and Distribution System, Ducts, Pipes, Boxes and Elements. Sanitary Sewer System, Ducts, Pipes, Boxes and Elements.

Figura 37 – Escopo dos modelos gerais – Projeto de Subestações.
(fonte: produção própria)

Da mesma forma que o modelo PLT, o modelo de ARQ é elaborado em medidas gerais pela equipe de eletromecânica com os requisitos mínimos necessários para a operação e acomodação de equipamentos. O modelo do edifício permite que a equipe de arquitetura possa orientar-se, projetar as alterações e adaptações geométricas da proposta e realizar a distribuição dos modelos relativos ao edifício, de acordo com o escopo do projeto. Isso inclui desde o modelo ARQ, que contempla elementos arquitetônicos como paredes, revestimentos, acabamentos, portas e janelas, até o modelo de estruturas do edifício (EST, de responsabilidade da equipe de engenharia), o modelo de climatização (AVAC, a cargo da equipe especializada em climatização), Drenagem de Águas, Iluminação Interior, e outros modelos necessários para atender às especialidades do projeto relacionadas ao edifício.

Nas fases mais avançadas de projeto, com a especificação final de equipamentos eletromecânicos é feita a modelação ao nível de pormenor dos mesmos em famílias de *Revit* (Figura 38), assim como a integração de outros softwares para realização de estudos. Para isso, foram desenvolvidos fluxos de trabalho para a interoperabilidade entre softwares específicos como o *Dialux* para o estudo luminotécnico (Figura 42), o *Primtech* para calculo de esforços eletromecânicos e estudo de proteção contra descargas atmosféricas (Figura 39), o *Electrotechnik* para a validação da malha de rede de terras (Figura 41), dentre outros.

REVIT MODELING OF EQUIPMENTS ACCORDING TO THE PROJECT'S TECHNICAL SPECIFICATION

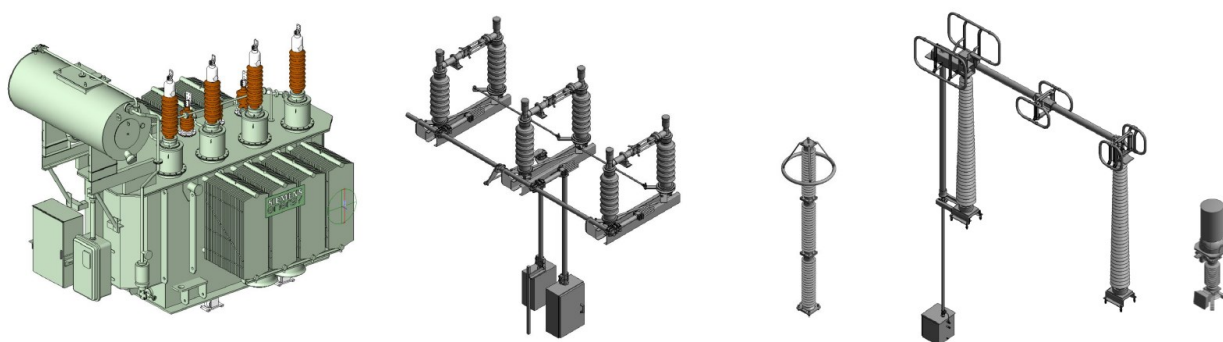


Figura 38 – Famílias Revit de Equipamentos Eletromecânicos– Projetos de Subestações.
(fonte: produção própria)

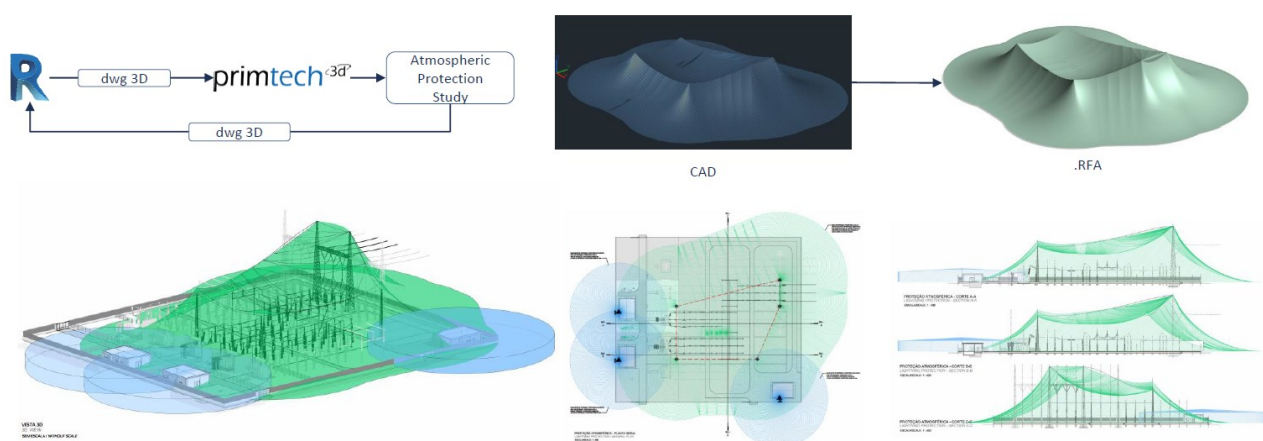


Figura 39 – Integração Revit com Primtech – Projetos de Subestações.
Composição de imagens do estudo de Proteção Contra Descargas Atmosféricas.
(fonte: produção própria)

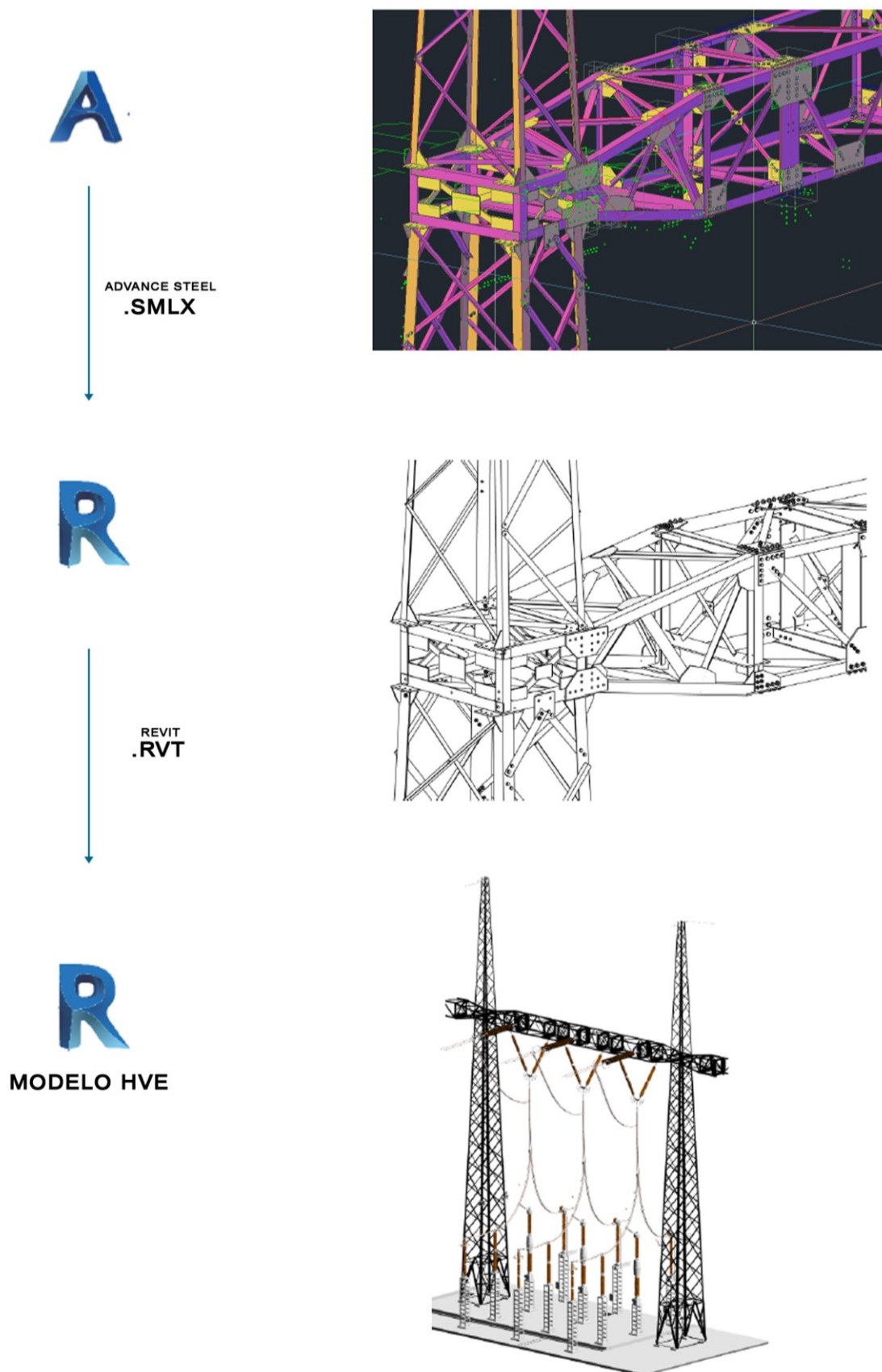


Figura 40 – Integração Revit com Advance Steel – Projetos de Subestações.
Composição de imagens do cálculo, modelação e incorporação de estruturas metálicas.
(fonte: produção própria)

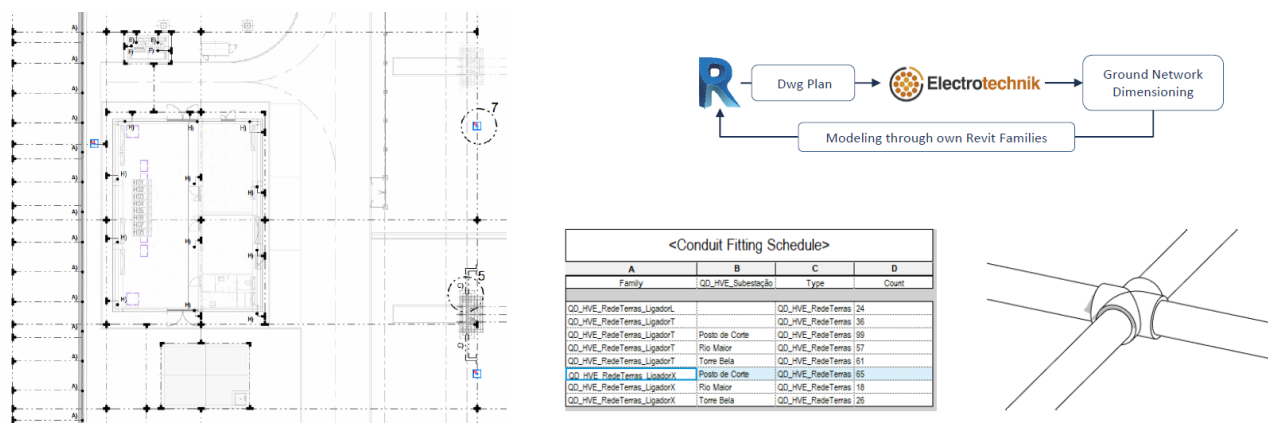


Figura 41 – Integração Revit com Electrotechnik – Projetos de Subestações.
Composição de imagens do estudo de Rede de Terras.
(fonte: produção própria)

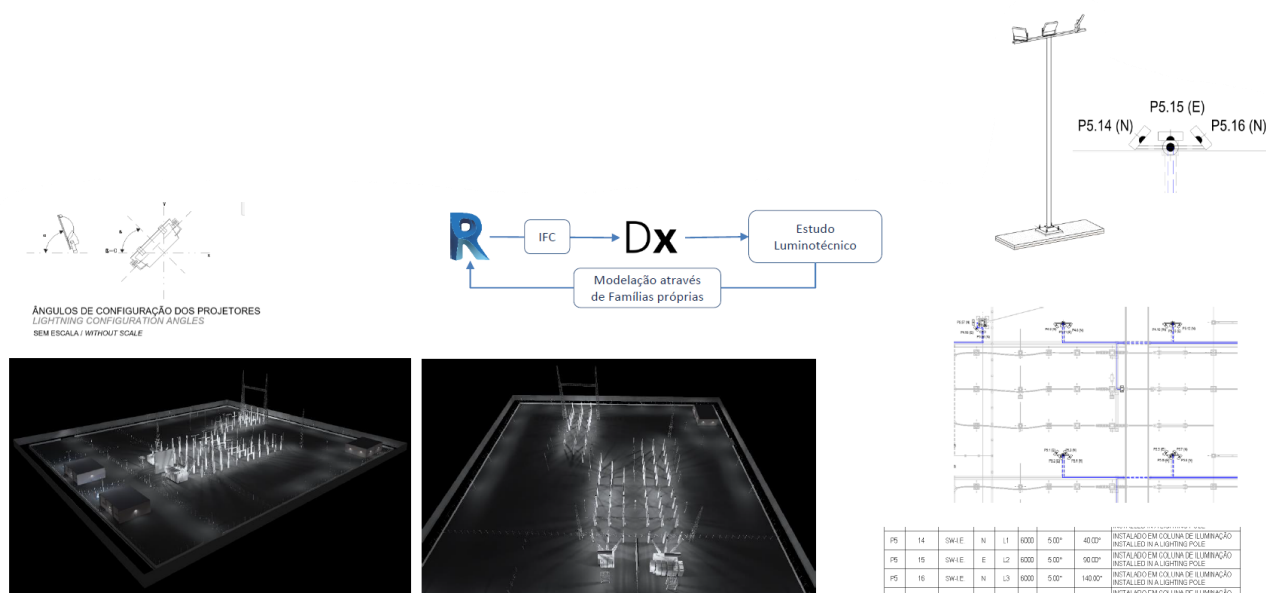


Figura 42 – Integração Revit com Dialux – Projetos de Subestações.
Composição de imagens do estudo de iluminação exterior.
(fonte: produção própria)

Após a realização de um primeiro exercício de implementação com um projeto piloto, foi identificado, em colaboração com a equipe de modelação, as tarefas mais demoradas no processo de elaboração do modelo. Uma vez que esses desafios são identificados, é possível analisar quais tarefas de modelação são repetitivas e, então, utilizar a programação visual para automatizar esses processos.

Para essa finalidade, utilizamos o *Dynamo* na criação de scripts de automação de tarefas, preparando-as para utilização através do *Dynamo Player*, de forma que a linguagem de um *scrip* de programação

visual seja compreendida e útil para qualquer modelador que venha a desenvolver um modelo. Essa abordagem não apenas simplifica a interface para o usuário, mas também economiza o tempo necessário para executar as tarefas, tornando o processo de modelação mais eficiente e acessível para toda a equipa. Aqui, foram desenvolvidos automatismos (Figura 43) de modelação para projetos de Subestação de Energia como a extração de quantitativos, modelação de ligadores vinculados a cabos com curvaturas, validação de raios de curvatura em cabos de média tensão, geração de coordenadas de maciços e fundações, dentre outros.

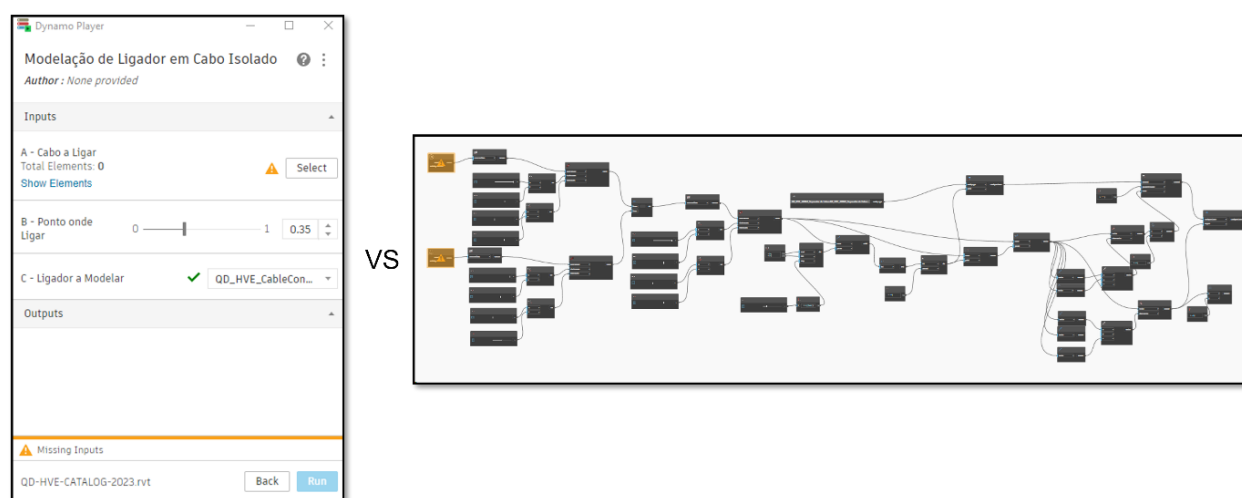


Figura 43 – Programação em Dynamo– Projetos de Subestações.

As imagens mostram um scrip criado para modelar ligadores em cabos. A imagem da esquerda é a utilização através do Dynamo Player, enquanto a da direita é o script completo.
(fonte: produção própria)

4.1.2 Projetos e o BIM

A seguir é feita uma aproximação a dois projetos de Energia desenvolvidos sob a metodologia BIM na Quadrante: A Subestação de energia para o alimentar o Porto de Luanda e a subestação de energia para alimentar um Data Center em Portugal, ambos os projetos desenvolvidos durante o ano de 2023. Com os projetos, pretende-se exemplificar o nível de maturidade BIM obtido para essas tipologias, ressaltando os pontos positivos e negativos da metodologia no decorrer do projeto.

- Subestação de Energia – Porto de Luanda (2023)

O projeto consiste na construção de uma nova subestação de energia para alimentar o porto de Luanda, localizada na zona portuária de Luanda (Angola – África do Sul). O nome do cliente, a localização exata e o nome de colaboradores terceirizados é omitido e retirado dos planos e desenhos apresentados nesse trabalho a fim de manter sigilo e acordo de proteção de dados.

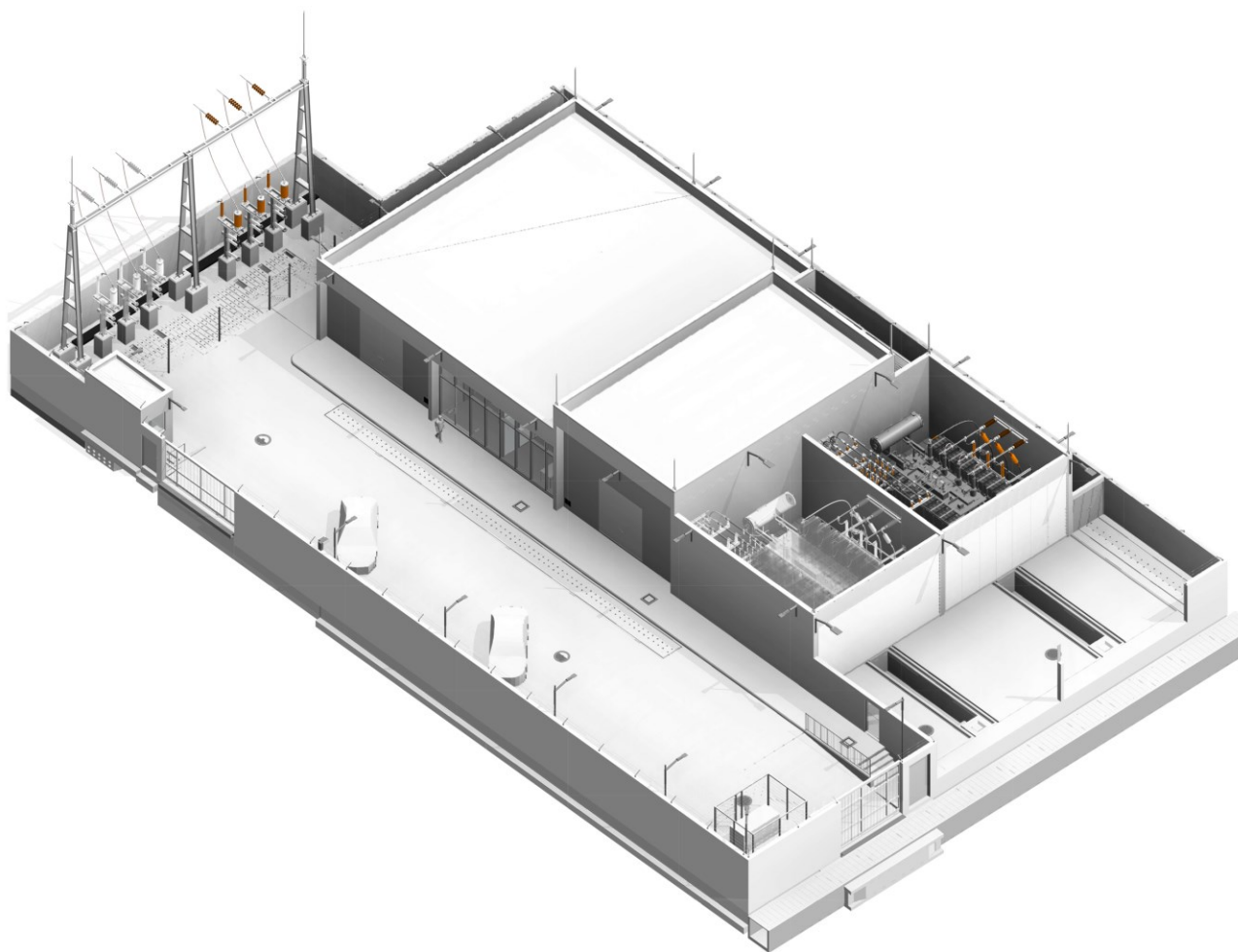


Figura 44 – Subestação Porto de Luanda – Isométrica Geral.
Vista isométrica retirada do software Revit.
(fonte: Quadrante Engenharia)

A gestão global do projeto foi dividida entre um coordenador da especialidade de obras civis, um coordenador da especialidade de elétricas e o coordenador BIM. Como um projeto da unidade de negócios de Energia da Quadrante, de forma a cumprir o fluxo de trabalho criado para a divisão, as primeiras fases de desenvolvimento e projeto foram iniciadas pela equipa de *High Voltage Energy* (HVE) e lideradas pelo coordenador da especialidade elétrica. Nesse momento, é definido através de um esquema unifilar o funcionamento elétrico da subestação de energia, ponto de partida para definição espacial necessária para o projeto com base no conhecimento dos equipamentos necessários para o funcionamento da subestação.

O modelador BIM de HVE desenvolveu três primeiros modelos com baixos LODs (Level of Development), de forma a projetar as necessidades iniciais: Modelo HVE com os equipamentos e estruturas metálicas de suporte para os equipamentos; Modelo PLT com a distribuição geral da plataforma onde a subestação se implanta, com pisos exteriores, fundações para estruturas de equipamentos e vedações exteriores; E o modelo ARQ com a distribuição base do edifício a fim de cumprir os requisitos mínimos que os equipamentos eletromecânicos precisam para o pleno funcionamento.

Com esses modelos base, as fases de projeto seguintes estruturam-se a partir da passagem de propriedade dos modelos para as devidas especialidades, onde há a pormenorização dos modelos e emissão dos planos construtivos específicos. A partir desse momento, outros modelos consequentes também surgem com as relativas especialidades, como o modelo de climatização do edifício, o modelo de drenagem de águas pluviais da plataforma, o modelo de iluminação exterior e interior e o modelo de águas residuais. Esses dois últimos foram desenvolvidos por equipas externas à Quadrante, também com a metodologia BIM.

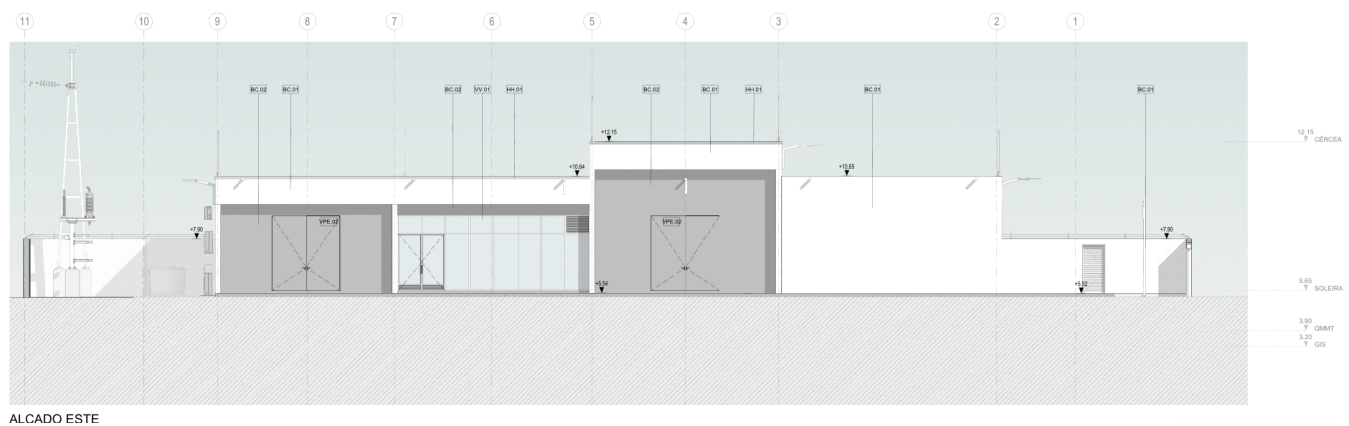


Figura 47 – Subestação Porto de Luanda – Alçado.

Alçado representado pela equipa de Arquitectura. As áreas técnicas inicialmente representadas pela equipa de eletromecânica compunham uma fachada assimétrica a cumprir apenas os requisitos funcionais dos equipamentos que o edifício abriga. A proposta da arquitectura apresenta duas alturas para o edifício, a cércea é delimitada pela altura mínima de funcionamento do maior equipamento enquanto as restantes alturas foram padronizadas para garantir maior equilíbrio estético.

(fonte: Quadrante Engenharia)

O projeto possuía o desafio de solucionar as diversas infraestruturas que ficam abaixo da cota da plataforma sem se aprofundar muito, uma vez que o solo possui grande nível de água em cota rasa, por se localizar em zona portuária. A tipologia do projeto demanda diversas travessias de cabos de alta e média tensão a cruzar a plataforma e interligar-se em caves no edifício, o que demandou um grande trabalho de coordenação de especialidades para solucionar os cruzamentos de travessias de cabos com pendentes que impedissem a entrada de água no edifício e todo o sistema de drenagem, águas e esgotos da plataforma. A metodologia BIM permitiu que essa coordenação fosse feita de forma acautelada e meticulosa, garantindo a boa qualidade do projeto.

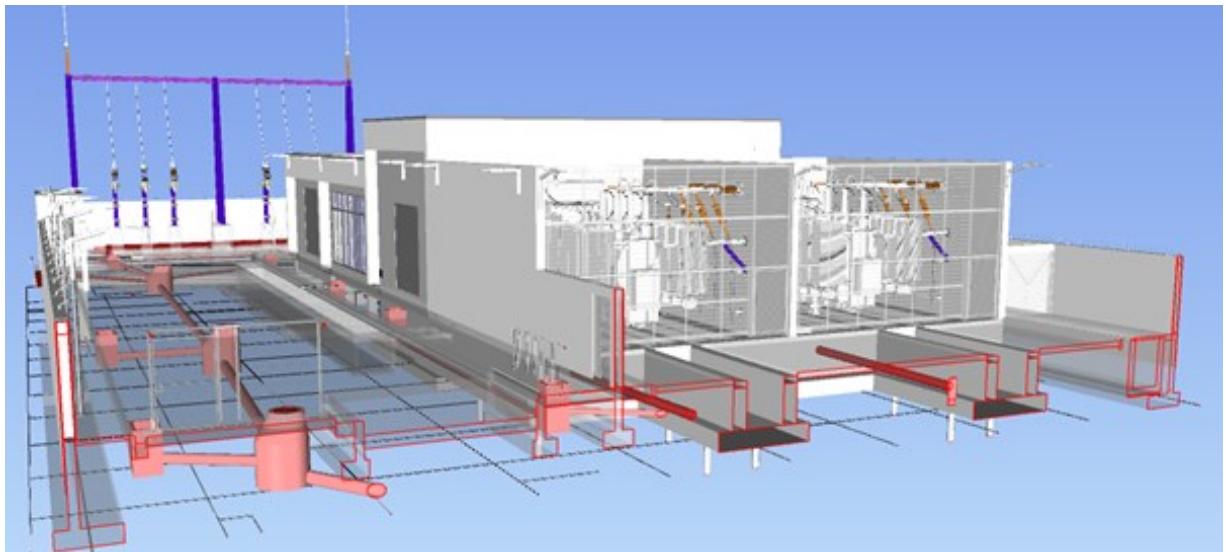


Figura 48 – Subestação Porto de Luanda – Modelo de Coordenação.

A coordenação entre especialidades foi executada através do *Navisworks Manage* a partir da informação extraída em nwc e ifc de todas as especialidades envolvidas.

(fonte: Quadrante Engenharia)

Outro aspeto observado foi o aprimoramento na representação gráfica dos projetos. Desde a melhor representação das especialidades nos diversos planos, fruto da possibilidade de integrar facilmente todos os modelos dentro do Revit, até a representação tridimensional para melhor compreensão e análise por parte do cliente. Foi produzido, ao fim de cada etapa do projeto, um ficheiro executável de Enscape com todas as especialidades incluídas, para que o cliente pudesse navegar livremente pelo projeto e apontar melhorias e perceber as soluções empregues (figuras 49 e 50).



Figura 49 – Subestação Porto de Luanda – Enscape 01.
Captura de ecrã do modelo de Enscape enviado ao cliente para navegação e análise do projeto.
(fonte: Quadrante Engenharia)



Figura 50 – Subestação Porto de Luanda – Enscape 02.
Captura de ecrã do modelo de Enscape enviado ao cliente para navegação e análise do projeto.
(fonte: Quadrante Engenharia)

- Subestação de Energia – Data Center (2023)

O projeto consiste em uma Subestação de Energia para alimentar um Data Center em Sines, Portugal. O nome do cliente, a localização exata e o nome dos demais colaboradores envolvidos são omitidos e retirados dos planos e desenhos apresentados nesse trabalho a fim de manter sigilo e acordo de proteção de dados.

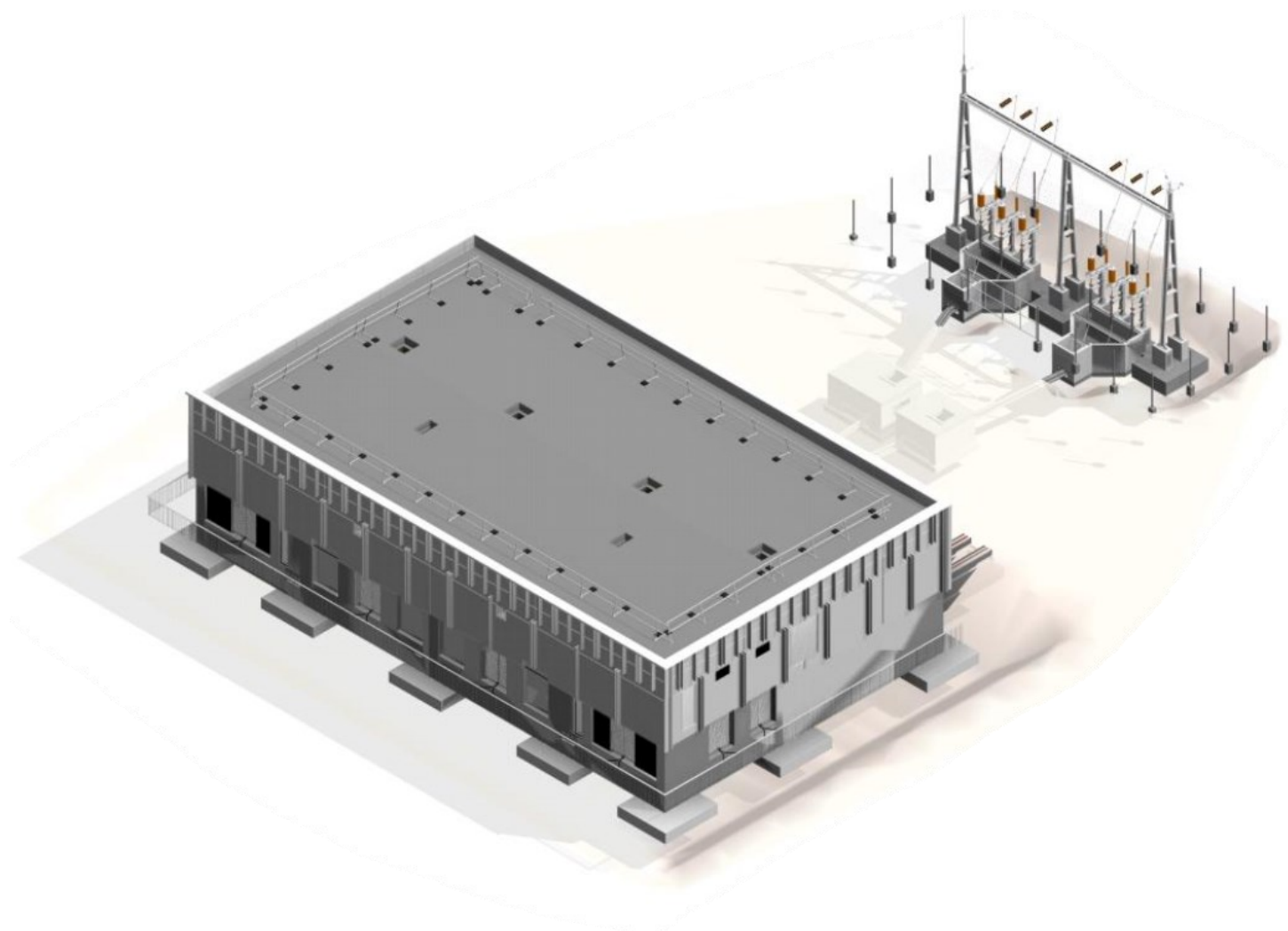


Figura 51 – Subestação Data Center – Modelo Revit.
Captura de ecrã com os modelos Revit eletromecânico, estrutural e arquitectónico.
(fonte: Quadrante Engenharia)

Com esse segundo exemplo, tenciono demonstrar as vantagens da adoção da metodologia BIM no setor da Energia, enquadrando-se ao contexto de desenvolvimento geral da metodologia no setor da construção de forma a favorecer todas as partes envolvidas no processo de projeto.

A Quadrante Engenharia participou do projeto sendo responsável pelo desenvolvimento do projeto elétrico da subestação que alimentará o Data Center, enquanto as demais especialidades envolvidas eram divididas por diversas empresas especializadas, assim como a coordenação BIM geral do projeto foi de responsabilidade de uma empresa exclusiva de BIM.

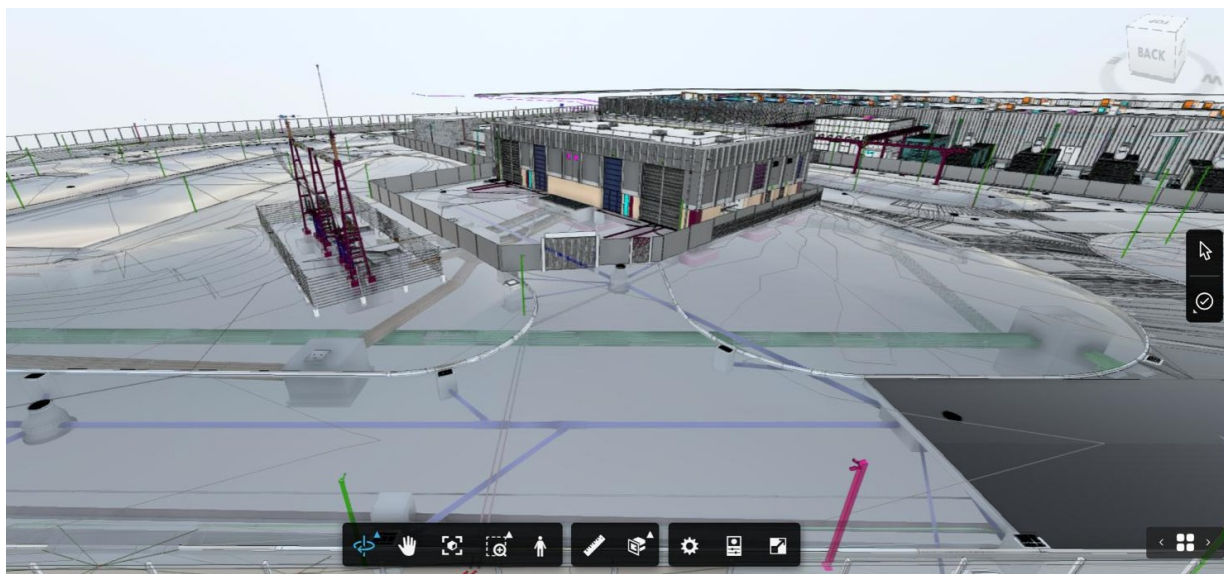


Figura 52 – Subestação Data Center – Modelo Federado ACC.
Captura de ecrã do modelo federado na *Autodesk Construction Cloud* (ACC) com todas as especialidades.
(fonte: Quadrante Engenharia)

Nesse contexto, os modelos de Revit referentes a área de intervenção que diz respeito ao projeto de eletricidade foram carregados no modelo de Revit de High Voltage Energy (HVE) da Quadrante para a base de projeto. Esses modelos, atualizados semanalmente pela empresa responsável pela gestão BIM na plataforma colaborativa comum, consistiam na estrutura, arquitetura e especialidades do edifício, instalações, estruturas e infraestruturas externas ao edifício.

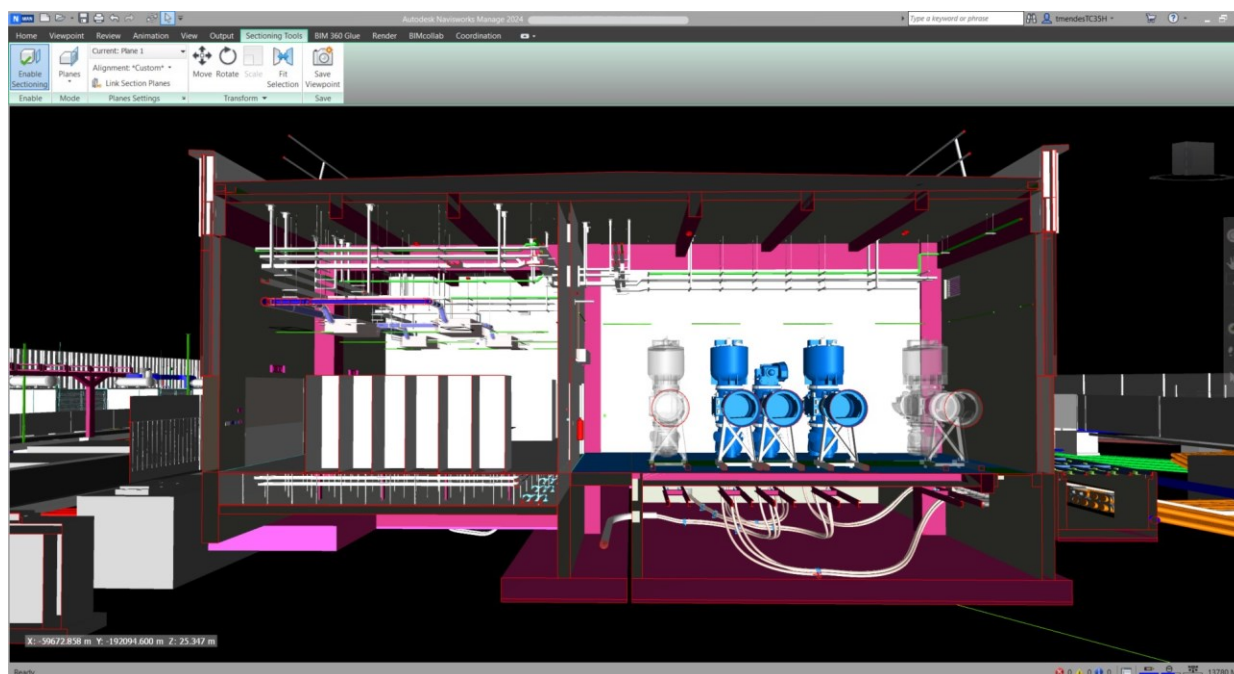


Figura 53 – Subestação Data Center – Modelo Federado Navisworks.
Captura de ecrã do modelo federado no *Navisworks Manage* com todas as especialidades.
(fonte: Quadrante Engenharia)

Essa integração e troca frequente de informação permitiu a previsão de diversos conflitos e resolução dos mesmos de forma antecipada, resultando em uma qualidade de projeto certamente superior. Para o projeto eletromecânico, poder transmitir as necessidades específicas dos equipamentos e da especialidade, de forma tão eficiente, em um processo que cada especialidade envolvida possuía uma empresa responsável diferente, tornou o processo muito ágil e eficiente. Ao mesmo tempo que, observou-se a praticidade incomum em lidar com os requisitos eletromecânicos por parte das empresas terceiras responsáveis pelo desenvolvimento das demais especialidades, uma vez que os mesmos eram representados e transmitidos sob a mesma linguagem tridimensional e metodologia BIM que o restante.

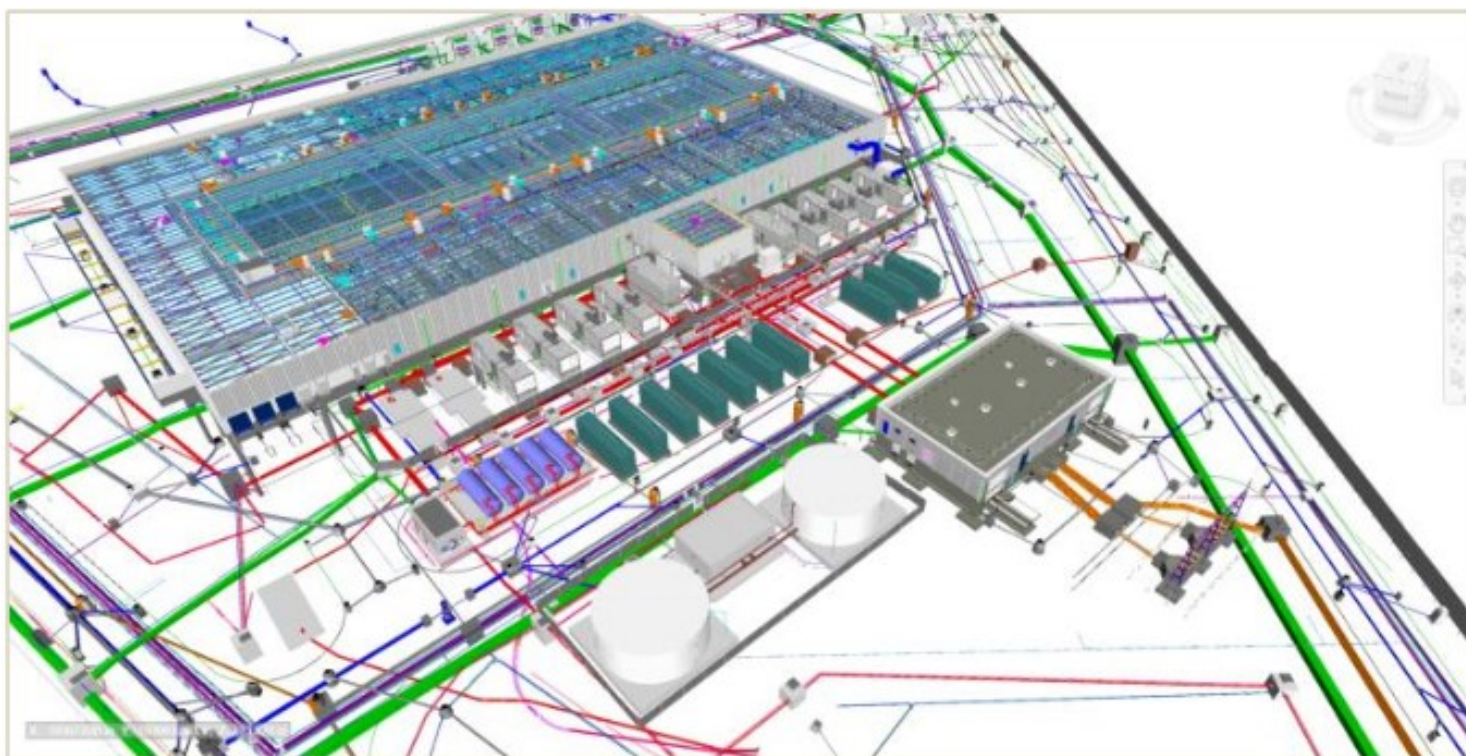


Figura 54 – Subestação Data Center – Modelo Federado.
Captura de ecrã do modelo federado com todas as especialidades.
(fonte: Quadrante Engenharia)

A tipologia do edifício da subestação é guiada pela funcionalidade dos equipamentos que o mesmo abriga. As áreas a vermelho atendem a requisitos eletromecânicos, enquanto a área a azul é reservada para o estar do homem a controlador os equipamentos do edifício. Com a proporção observada na figura 55, fica claro que a escala do edifício, assim como a sua disposição e integração é pensada prioritariamente na funcionalidade.

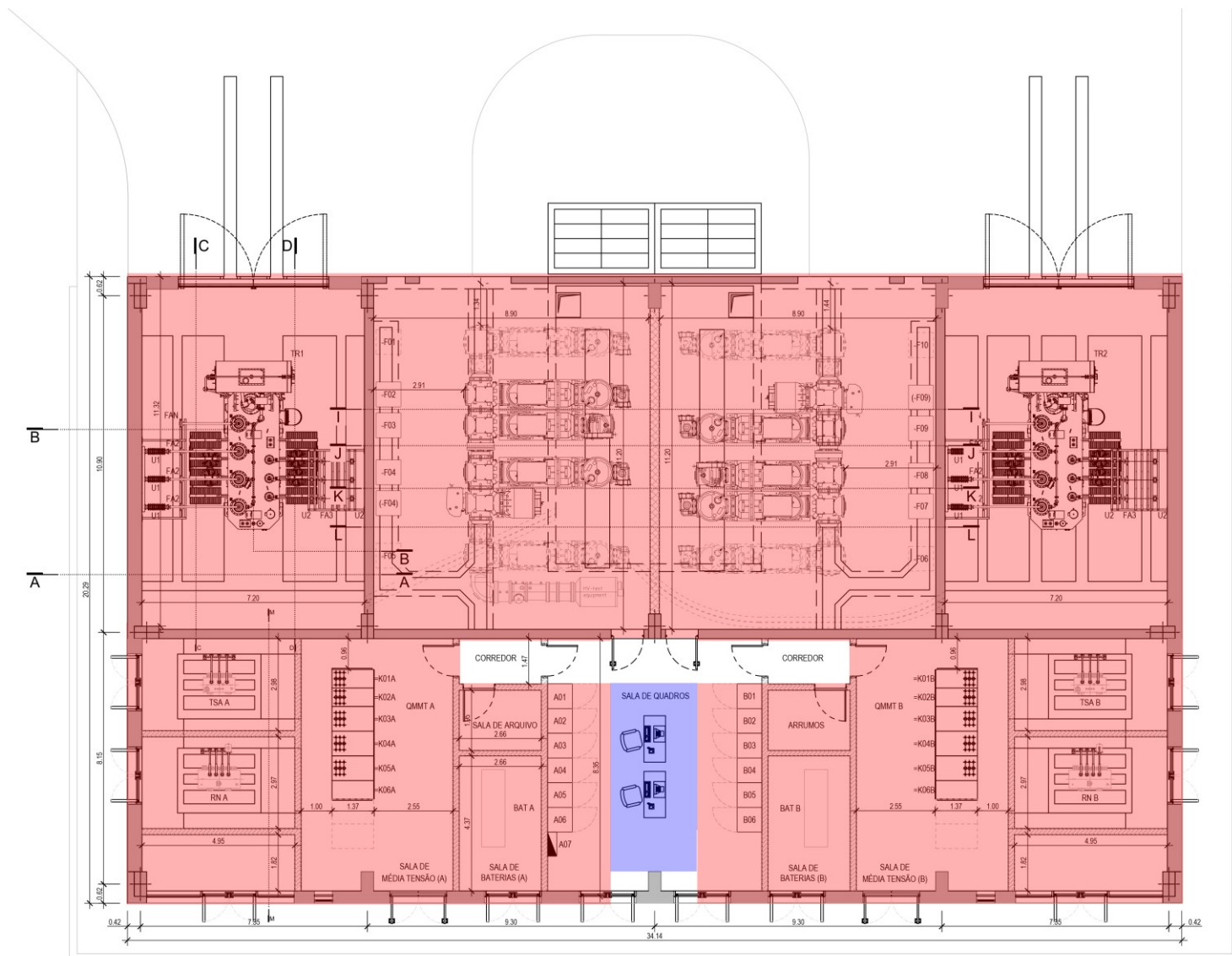


Figura 55 – Subestação Data Center – Planta Geral do Edifício (Áreas para Equipamentos vs Áreas para Pessoas).
A vermelho estão representadas as áreas destinadas ao abrigo dos equipamentos. A azul estão representadas as áreas destinadas ao uso do homem.

(fonte: Adaptação de Quadrante Engenharia)

Aqui, a fim de seguir as indicações descritas no plano de execução BIM para facilitar a coordenação geral, toda a catalogação de elementos contidos no modelo foi feita e extraída diretamente do modelo Revit de eletromecânica com a incorporação de parâmetros contidos no modelo de arquitectura, como por exemplo o registo de posicionamento de cada elemento contido no modelo através de um código que contém dentro os caracteres, dados relativos aos “rooms” criados e contidos no modelo de arquitectura.

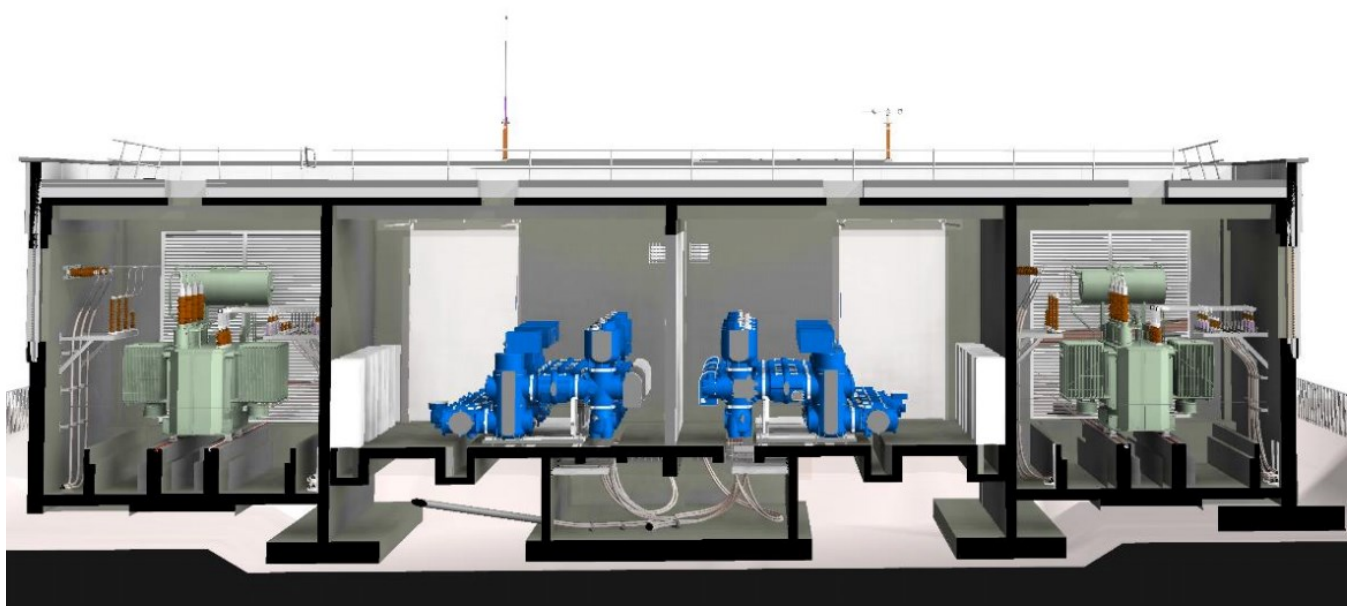


Figura 56 – Subestação Data Center – Corte do Edifício.

O corte mostra a integração dos modelos, de forma a representar a importância de coordenação entre especialidades. Pormenores como a modelação dos cabos que circulam pelas caves e caleiras do edifício permitem o correto dimensionamento e fiabilidade de execução por parte da arquitetura e obras civis.

(fonte: Quadrante Engenharia)

No projeto da Subestação para o Data Center, os principais usos BIM no modelo de eletromecânica foram a quantificação de elementos, a coordenação tridimensional e a produção de planos 2D. a adoção da metodologia BIM mostrou-se ideal para atender aos requisitos específicos deste projeto. A coordenação tridimensional tornou-se possível graças à modelação em Revit de equipamentos, acessórios e cabos. Esse processo permitiu uma quantificação automatizada e precisa dos elementos, garantindo a qualidade do projeto. Além disso, a produção dos planos 2D, integrando as diversas especialidades envolvidas, foi facilitada significativamente, eliminando a necessidade de criar bases de trabalho alternativas para a adequação a metodologias bidimensionais.

A	B
Family and Type	Length
QD_HVE_Cabo Aéreo 4P: LXHIOLE - 72,5kV	35.945017
QD_HVE_Cabo Aéreo 4P: RHZ1 - 24kV	207.389686
QD_HVE_Cabo Aéreo 4P: Tipo de Cabo	11.320033
QD_HVE_Cabo Aéreo 5P: LXHIOLE - 72,5kV	89.43484
QD_HVE_Cabo Aéreo 5P: RHZ1 - 24kV	204.628913
QD_HVE_Cabo Aéreo 8P: LXHIOLE - 72,5kV	290.248628
QD_HVE_Cabo Aéreo 8P: RHZ1 - 24kV	280.995559

Figura 57 – Subestação Data Center – Extração de Quantitativos (Cabos Elétricos).
Tabela de quantitativos exportada do software Revit com o a metragem linear de cabos modelados.
(fonte: Quadrante Engenharia)

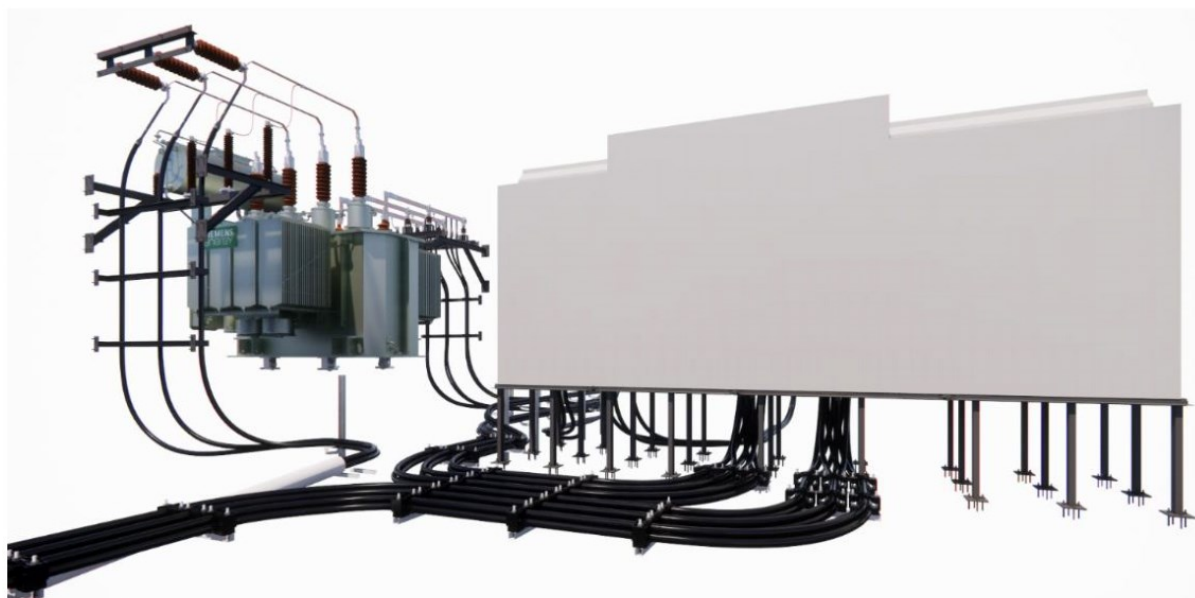


Figura 58 – Subestação Data Center – Pormenor do Modelo Eletromecânico.
A vista mostra a modelação feita em pormenores para servir de base para a coordenação tridimensional, produção de planos e extração de quantitativos.

(fonte: Quadrante Engenharia)

4.2 Arquitecto BIM

A seguir é feita uma reflexão pessoal com base nas experiências profissionais observadas a respeito de uma fatia do mercado que absorve o profissional de arquitectura. Aqui é feito um paralelo com alguns dos temas levantados e discutidos ao longo do trabalho desenvolvido nessa dissertação e o posicionamento do arquitecto em meio às novas tendências e lacunas do mercado.

Na prática arquitetônica contemporânea, a integração da metodologia BIM ampliou o âmbito das funções dos arquitectos, estendendo-se para além de gabinetes tradicionais de arquitectura a diversos setores. Fruto da mentalidade colaborativa, competências interdisciplinares e proficiência técnica, os arquitectos ocupam muitos cargos de especialistas BIM. A capacidade de representar tecnicamente projetos e navegar na visualização de espaços tridimensionais enquanto desenvolvem e aperfeiçoam ideias, são vistos como uma mais-valia à implementação do BIM em vários setores da Indústria AEC.

Os arquitectos, com conhecimentos especializados em princípios básicos de conceção projetual, normalizações e os processos de uma construção, garantem que as representações digitais estão alinhadas com a intenção projetual e os requisitos funcionais. Além disso, a proficiência dos arquitetos em ferramentas BIM, como Autodesk Revit e ArchiCAD, por exemplo, como também outros softwares de modelação tridimensional livre como SketchUp, Blender e 3DMax, muito difundidos no uso arquitetónico, são valiosos para o desenvolvimento de outras áreas ao nível de representação gráfica e gestão projetual.

É possível interpretar uma reformulação do papel tradicional, desempenhado muitas vezes por arquitectos, de coordenadores de projeto para coordenadores BIM. Tradicionalmente, os coordenadores de projetos são responsáveis por supervisionar todos os aspetos do desenvolvimento do projeto, desde a conceção inicial até a conclusão. Este papel exigia uma compreensão abrangente de todos os elementos do projeto, incluindo o design, a funcionalidade, o orçamento e o cronograma. Com a introdução da metodologia BIM, o papel dos coordenadores de projetos evolui para incorporar a dimensão digital. Os coordenadores BIM utilizam ferramentas avançadas para criar modelos digitais detalhados que facilitam a coordenação e comunicação entre todas as partes envolvidas no projeto.

Enquanto coordenadores BIM, os arquitetos servem como a ligação entre intenção e a execução do projeto. Supervisionam o desenvolvimento e a implementação de fluxos de trabalho BIM, tirando partido das suas competências técnicas para navegar pelos requisitos complexos de um projeto e facilitar a tomada de decisões. Os arquitectos gerem dados espaciais multidimensionais em ambiente colaborativo, visualizando e analisando elementos a fim de otimizar os resultados do projeto e eficiência do mesmo.

Cada vez mais observa-se não só a existência de cargos como “Arquitectos BIM” para gabinetes de arquitetura, onde é esperado um arquitecto com experiência específica na metodologia BIM, como também é possível encontrar diversos cargos de modeladores e coordenadores e especialistas BIM para a indústria (estruturas, MEPs, vias, obras de arte, energia, dentre outros) com a possibilidade de admissão de arquitectos. A sua capacidade para representar tecnicamente projetos, navegar na visualização de espaços tridimensionais e defender a excelência do projetado, assim como o senso crítico estético para apresentação projetual, são pontos observados no dia-a-dia da profissão que fazem com que o Arquitecto BIM tenha ganhado cada vez mais espaço no mercado.

5. CONCLUSÃO

Tal como descrito no segundo capítulo, a arquitectura contemporânea é inevitavelmente multifacetada. O diálogo entre a arquitectura e o seu contexto é constante e profundamente influenciado pelo panorama contemporâneo, caracterizado pela mescla dos meios físico e digital, pelos avanços tecnológicos e pela evolução da dinâmica social e ambiental.

A urgência dos temas ambientais desempenha um papel fundamental na formulação do pensamento arquitectónico contemporâneo. Desde a preocupação com a escassez de recursos até a busca pela qualidade sensorial dos ambientes contruídos e seu entorno, são temas que exercem uma influência significativa sobre o processo de conceção e desenho espacial. As diretrizes que orientam o pensamento de projeto, seja ao se alinharem com os princípios do desenvolvimento sustentável ou atenderem às necessidades emergentes da era moderna, como a produção de fábricas de baterias para veículos automotivos, moldam não só a abordagem adotada na conceção dos espaços como já estruturam o ambiente construído do século XXI.

Esses requisitos apresentam desafios a serem vencidos pelos arquitectos. O cumprimento das novas normativas para um enquadramento sustentável se fazem cada dia mais presentes. Com isso, novos padrões de construção, materiais e técnicas construtivas são criados. Em paralelo, os requisitos espaciais também acompanham essa mudança, tendo cada vez especificidades mais pontuais para cada região onde o projeto se insere, assim como maior variedade tipológica.

A evolução tecnológica que molda os requisitos da construção também exerce influencia na metodologia de trabalho do arquitecto, de forma a oferecer ferramentas poderosas para auxiliar o desenvolvimento do projeto. O BIM tem se consolidado como a metodologia ideal para acompanhar esse desenvolvimento tecnológico, de forma a mitigar os desafios contemporâneos ao mesmo tempo que modifica a forma de pensar e executar projetos.

A metodologia BIM, em sua essência, é uma abordagem colaborativa de projeto que garante o envolvimento dos diversos intervenientes e centraliza toda a informação em um modelo federado. No setor da Indústria e Energia, torna-se cada vez mais evidente a necessidade de se inserir no contexto de digitalização e evolução tecnológica que as outras áreas da construção já adotaram. Nesse movimento de digitalização e implementação, poucas ferramentas BIM estão desenvolvidas especificamente para o setor da Energia, apesar da urgência do tema no panorama global. Isso leva à necessidade de adaptar

ferramentas existentes e capacitar profissionais para suprir as lacunas do mercado e enfrentar os desafios dessa integração tecnológica.

Os casos de estudo da Quadrante permitiram não apenas explorar novas tipologias industriais que estão moldando as paisagens contemporâneas e entender como são projetadas, mas também analisar a influência da metodologia BIM em todas as partes envolvidas no processo de projeto. Isso destacou a participação ativa do arquiteto, demonstrando como a metodologia e os fluxos de trabalho empregados nos exemplos apresentados promovem uma abordagem integrada e eficiente.

A metodologia BIM, com sua forte integração entre especialidades, assegura que as responsabilidades pelo desenvolvimento específico de cada parte do projeto não se misturem. Isso permite que cada profissional se concentre em sua disciplina, respeitando os requisitos das outras especialidades envolvidas. Dessa forma, o BIM facilita uma colaboração eficaz, garantindo que todas as áreas do projeto sejam atendidas de maneira coordenada e harmoniosa.

Os exemplos retratados no capítulo 4.1.2 refletem a participação dos arquitetos desde a concepção até à entrega dos projetos de execução. Seja em discussões colaborativas ou ativamente na proposta de soluções, os arquitetos utilizam seus modelos baseados nos requisitos das especialidades que ditam a funcionalidade principal do edifício ou espaço.

Nesse contexto, a metodologia BIM oferece aos arquitetos uma plataforma para expressar sua formação e contribuição para o ambiente construído, integrando reflexão social, valor estético e otimização dos espaços funcionais. A incorporação do setor de Energia na metodologia BIM revela uma oportunidade para uma maior participação dos arquitetos na criação de espaços que, tradicionalmente, têm sido projetados com foco exclusivo na funcionalidade e nos requisitos mecânicos, muitas vezes negligenciando valores e conceitos arquitetônicos que impactam diretamente a paisagem e a qualidade do ambiente construído.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andreau, A. (2015, February 18). Defensive architecture keeps poverty unseen and makes us more hostile. The Guardian. <https://www.theguardian.com/society/2015/feb/18/defensive-architecture-keeps-poverty-unseen-and-makes-us-more-hostile>
- Autodesk. (n.d.). Insight webinar part 1: Learn everything about Insight. YouTube. <https://youtu.be/1nkK4yjQcfQ?si=HWMdW4bBVaOY5p4a>
- Briscoe, D. (2015). *Beyond BIM: Architecture Information Modeling*. Routledge.
- Confederation of International Contractors Associations. (2002). *Industry as part of sustainable development construction*. UNEP.
- Costa, D., Quinteiro, P., & Dias, A. C. (2019). A systematic review of life cycle sustainability assessment: Current state, methodological challenges, and implementation issues. *Science of the Total Environment*, 686, 774-787. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.435>
- Da Silva, L. O. (2008, June). Primórdios da habitação social: As experiências do entreguerras na Europa e Estados Unidos. *Arquitextos*, 09(097.05). Vitruvius. <https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/09.097/136>
- Data Center Knowledge. (2016, May 24). Inside Facebook data center Sweden [Video]. YouTube. <https://www.datacenterknowledge.com/archives/2016/05/24/inside-facebook-data-center-sweden-video>
- Dias, R., & Torkamani, A. (2019). Artificial intelligence in clinical and genomic diagnostics. *Genome Medicine*, 11, 70. <https://doi.org/10.1186/s13073-019-0689-8>
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. John Wiley & Sons.

European Commission. (n.d.). 2020 climate & energy package.
https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en

European Commission. (n.d.). 2030 climate & energy framework.
https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en

European Commission. (n.d.). 2050 long-term strategy.
https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en

European Commission. (n.d.). Climate strategies & targets.
https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies_en

European Council. (2020). Alterações climáticas: Medidas que a UE está a tomar.
<https://www.consilium.europa.eu/pt/policies/climate-change>

Ferrier, J. (2008). Architecture = durable. In 30 architectes, 30 projets en Île-de-France (p. 4). Éditions du Pavillon de l'Arsenal et Éditions A & J Picard.

Hochfelder, D. (2023, July 29). Alexander Graham Bell. Encyclopedia Britannica.
<https://www.britannica.com/biography/Alexander-Graham-Bell>

Hauschild, M. Z., Kara, S., & Røpke, I. (2020). Absolute sustainability: Challenges to life cycle engineering. CIRP Annals, 69, 533-553. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2020.05.005>

Kibert, C. J. (1994). Establishing principles and model for sustainable construction. In Proceedings of the First International Conference of CIB TG 16 (pp. 1-10). Tampa, EUA.

Lari, Y. (2023, July 10). Architecture decolonization and democratization: Yasmeen Lari's self-sufficient communities. Designboom. <https://www.designboom.com/architecture/architecture-decolonization-democratization-yasmeen-lari-self-sufficient-communities-uia-world-congress-07-10-2023/>

Nijkamp, P. (1990). Multiple aims and innovative design: Cognitive mapping and brainstorming (p. 8). In ECLAC (1997). United Nations Publications.

Oficina Arq. (2016). Arena Temporária de Handebol e Golbol Rio 2016. <http://oficina.arq.br/projeto/arena-temporaria-de-handebol-e-golbol-rio-2016/>

Parascho, S. (2023). Construction robotics: From automation to collaboration. In Annual Review of Control, Robotics, and Autonomous Systems (Vol. 6, pp. 183-204). <https://doi.org/10.1146/annurev-control-062322-095632>

Pevsner, N. (1971). A history of building types. Thames and Hudson.

Reiner-Roth, S. (2019). The technological sublime of non-human spaces: A review of Liam Young's machine landscapes. Archinect Features. <https://archinect.com/features/article/150127259/the-technological-sublime-of-non-human-spaces-a-review-of-liam-young-s-machines-landscapes>

Saleh, F., Elhendawi, A., Darwish, A. S., & Farrell, P. (2024). A framework for leveraging the incorporation of AI, BIM, and IoT to achieve smart sustainable cities. Journal of Intelligent Systems and Internet of Things, 11(2), 75-84. <https://doi.org/10.54216/JISIoT.110207>

Sennett, R. (2012). The Architecture of Cooperation. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=tcXE4NEgLn8>

Smith, D. P. (2010). Designing the public sphere: A study of the impact of architects on public space. Journal of Planning Education and Research, 30(1), 3-18. <https://doi.org/10.1177/0739456X10374692>

Terzidis, K. (2006). Algorithmic architecture. Routledge.

World Commission on Environment and Development. (1987). Our common future. Oxford University Press.

Yeang, K. (2001). El rascacielos ecologico (1a ed.). Editorial Gustavo Gili.

Young, L. (2019). Architecture without people, neo-machine. Machine Landscapes, Architectures of the Post-Anthropocene. Architectural Design Magazine, January/February 2019.