

Universidades Lusíada

Seminário Internacional de Arquitetura, 6, Lisboa,
2023

**As fórmulas na Arquitetura : atas do VI
Seminário Internacional de Arquitetura e
Matemática**

<http://hdl.handle.net/11067/8211>
<https://doi.org/10.34628/KCFC-SK91>

Metadados

Data de Publicação

2025

Resumo

"Formulas in Architecture" is the name of the seminars on Architecture and Mathematics that CITAD – Research Center in Territory, Architecture and Design – has been organizing since 2014. The close connection that has always existed between the disciplines of mathematics and of architecture, often translated through geometry, is the fundamental fact that underlies the transformation of continuous infinite space into finite architectural space. Numbers, created by reason, have served, and continu...

“As fórmulas na Arquitetura” é o nome atribuído a uma série de seminários organizados desde 2014 pelo CITAD – Centro de Investigação em Território, Arquitetura e Design – que explora as interseções entre Arquitetura e Matemática. A conexão profunda entre essas duas disciplinas, frequentemente mediada pela geometria, é o princípio central que sustenta a transformação do espaço. Os números, frutos da razão, sempre serviram e continuam a servir o ser humano na sua interação com o ambiente natural, ...

Editor

Universidade Lusíada Editora

Palavras Chave

Arquitectura - Matemática, Arquitectura - Filosofia

Tipo

book

Revisão de Pares

Não

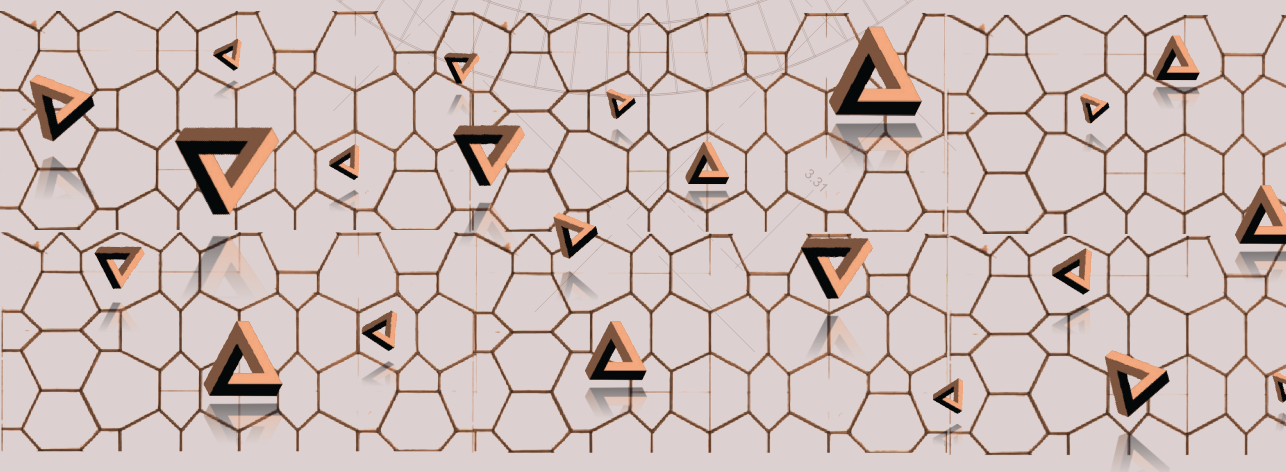
Coleções

[ILID-CITAD] Livros

Esta página foi gerada automaticamente em 2026-10-29T23:02:53Z com
informação proveniente do Repositório

FÁTIMA SILVA • ELSA NEGAS
COORDENAÇÃO

AS FÓRMULAS NA ARQUITETURA



Fátima Silva | Elsa Negas
(Coordenação)

 S FÓRMULAS NA ARQUITETURA:
ATAS DO VI SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE
ARQUITETURA E MATEMÁTICA



SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE ARQUITETURA E MATEMÁTICA, 6, Lisboa, 2023

As fórmulas na arquitetura : atas do 6.º Seminário Internacional de Arquitetura e Matemática / coord. Fátima Silva, Elsa Negas. - Lisboa : Universidade Lusíada Editora, 2026.
ISBN 978-989-640-289-1

I - SILVA, Fátima, 1963- , coord.

II - NEGAS, Elsa, 1968- , coord.

1. Arquitetura - Matemática

2. Arquitetura - Filosofia

CBC NA2750.S55 2026

FORMA DE CITAÇÃO

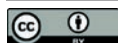
SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE ARQUITETURA E MATEMÁTICA, 6, Lisboa, 2023, (2026). *As fórmulas na arquitetura : atas do 6.º Seminário Internacional de Arquitetura e Matemática*. Coordenação de Fátima SILVA, Elsa NEGAS. Lisboa: Universidade Lusíada Editora. ISBN 9789896402891.

ODS • OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL



FICHA TÉCNICA

Coordenação	Maria de Fátima Silva	
	Centro de Investigação em Território, Arquitetura e Design (CITAD) Universidade Lusíada [https://ror.org/00zjprf31]	fatima.silva@edu.ulusiada.pt 0000-0001-7259-7860
	Elsa Inês Silva do Rosário Negas	
	Centro de Investigação em Território, Arquitetura e Design (CITAD) Universidade Lusíada [https://ror.org/00zjprf31]	elsa.negas@gmail.com 0000-0003-1322-8779
Título	As fórmulas na arquitetura : atas do 6.º Seminário Internacional de Arquitetura e Matemática	
Comissão Científica	Alberto Cruz Reaes Pinto (CITAD, Universidade Lusíada); António Luís Ampliati Briones (Universidad de Sevilla); Paulo Brito da Silva (†) (CITAD, Universidade Lusíada); Carlos Santos (Universidade Lusíada); Clara Germana Gonçalves (CITAD, Instituto Superior Manuel Teixeira Gomes (ISMAT)); Francisco Alonso Ortega Riejos (Universidad de Sevilla); Horácio Manuel Pereira Bonifácio (Universidade Lusíada); Joaquim Marcelino dos Santos (Universidade Lusíada); Loai Dabbour (Alzaytoonah University of Jordan); Luís Borda de Água (CIBIO/INBio); Luís Cândia Martins (Universidade de Lisboa); Luís Marques Pinto (Universidade Lusíada); Maria Adelaide Carreira (Universidade Lusíada); Fátima Silva (CITAD, Universidade Lusíada); Maria João Soares (CITAD, Universidade Lusíada); Pedro J. Freitas (Universidade de Lisboa); Rogério Amoeda (CITAD, Universidade Lusíada); Suzana Metello de Nápoles (Universidade de Lisboa); Sylvie Duvernoy (Politecnico di Milano) Teresa Malheiro (Universidade do Minho).	
Ano	2026	DOI https://doi.org/10.34628/kcfc-sk91
ISBN	978-989-640-289-1	
Editora	Universidade Lusíada Editora Rua da Junqueira, 188-198 — 1349-001 Lisboa • Telefone: +351 213 611 560 URL: http://editora.ulusiada.pt • E-mail: editora@lis.ulusiada.pt	
Coordenação editorial	Helder de Albuquerque Machado Paulo Amaral Soares	Bibliotecária Ana Rita Ribeiro Mária da Anunciação Ferreira
Capa	Pedro Ramos dos Santos	Paginação João Paulo Fidalgo



© 2026, Fundação Minerva - Cultura - Ensino e Investigação Científica | Universidade Lusíada

Creative Commons Atribuição - 4.0 Internacional

Os textos que constituem esta obra seguem, por decisão dos respetivos autores, a antiga ou a atual grafia.

O conteúdo desta obra é da exclusiva responsabilidade dos seus autores e não vincula a Fundação Minerva | Universidade Lusíada.

Texto submetido à plataforma de deteção de similaridade e plágio OURIGINAL.

Ouriginal
by Turnitin

SUMÁRIO

Nota de abertura	
Alberto Reaes Pinto	5
A convergência entre Arquitetura, Matemática e Tecnologia para um futuro sustentável	
Fátima Silva, Elsa Negas	9

KEYNOTE SPEAKERS

Computational design in Architecture and the AI revolution	
Jan Cudzik	17
Architecture and computing in the digital anthropocene – architectural education and professional outputs	
José Nuno Beirão	25
PV integration & material selection in building design	
Melik Ziya Yakut	39

PEER REVIEWED PAPERS

Investigação no âmbito da construção sustentável sobre biomateriais e resíduos aplicáveis em paredes exteriores de edifícios	
Alberto Reaes Pinto, Marlene Canudo Urbano, Carlos Oliveira Augusto	59
Chromatic and geometric harmony in architecture - a contemporary perception	
Luís Moreira Pinto, Ana Fidalgo, Ruben de Matos	91
A fórmula para ganhar o The Pritzker Architecture Prize – um processo de aproximação a um resultado irresolúvel como oportunidade para descobrir o interesse pelo estudo da Teoria de Arquitectura	
António Campinos Poças	113
Trazendo a matemática para a arquitetura: impacto do modulator de Le Corbusier e da proporção áurea de Da Vinci na expressão espacial	
Ana Fidalgo, Luís Moreira Pinto, Ruben de Matos	129

Game as a study methodology: didactic about architectural proportions in the city Ruben de Matos, Luís Moreira Pinto, Ana Fidalgo	137
Meanings and making sense of things Joaquim Marcelino	155
Congruência dos poliedros platónicos Luísa Paiva	173
SERÂMICO - jogos, formas e misturas Os Espacialistas	185

PROJECT PRESENTATION

A magia da Arquitetura Mário Chaves	195
Rethinking tile Catarina e Rita Almada Negreiros	201
Breve encontro com o barro e a cerâmica Alice Diniz	211
As Fórmulas na Arquitetura e o exercício criativo: a exposição "O azulejo na Arquitetura" como estudo de caso Fátima Silva, Elsa Negas	225
Arquitetura e Matemática em diálogo: sustentabilidade, tecnologia e estética Fátima Silva, Elsa Negas, António Campinos Poças	235

NOTA DE ABERTURA

6.º Seminário Internacional de Arquitetura e Matemática – As Fórmulas na Arquitetura

A sexta edição do Seminário Internacional de Arquitetura e Matemática - As Fórmulas na Arquitetura, reafirma o propósito científico e formativo de um encontro que tem vindo a aprofundar, de forma sistemática e continuada, as interações entre estas duas áreas do saber.

Desde a sua origem, este seminário tem promovido a reflexão crítica e a divulgação científica sobre os pontos de contacto entre a matemática enquanto sistema ordenado e a arquitetura enquanto arte de dar forma ao habitável. Nesta edição, o foco recaiu particularmente sobre o papel da tecnologia como vetor de inovação e transformação no espaço construído. A integração de sistemas sustentáveis, o desenvolvimento de novos materiais e o uso de ferramentas computacionais avançadas demonstram que a simbiose entre arquitetura, matemática e tecnologia é hoje essencial para responder aos desafios ambientais, sociais e urbanos do século XXI.

A qualidade científica dos contributos apresentados é atestada não apenas pela diversidade de artigos selecionados, mas também pela excelência dos keynote speakers convidados, entre os quais se destacam os Professores Arta Basha Jakupi, Jan Cudzik, José Nuno Beirão e Melik Yakut. As suas intervenções aprofundaram temas como a inteligência artificial aplicada ao projeto arquitetónico, a sustentabilidade energética, a construção modular e a pedagogia no contexto do Antropoceno, oferecendo perspetivas inovadoras que reforçam a transdisciplinaridade como princípio orientador da investigação contemporânea.

Paralelamente, a realização de workshops e de uma exposição dedicada ao azulejo enquanto elemento simbólico e técnico da arquitetura portuguesa — em articulação com a matemática na criação de padrões — promoveu a participação ativa da comunidade académica e potenciou a ligação entre ensino, investigação e prática.

Esta publicação reúne os artigos científicos apresentados no seminário e constitui um testemunho do esforço coletivo de investigadores, docentes, estudantes e instituições em construir conhecimento aplicado e em desenvolver soluções criativas e sustentáveis para a arquitetura do futuro. Que este contributo reforce o papel da ciência como motor de transformação e promova novos caminhos de investigação inter e transdisciplinar.

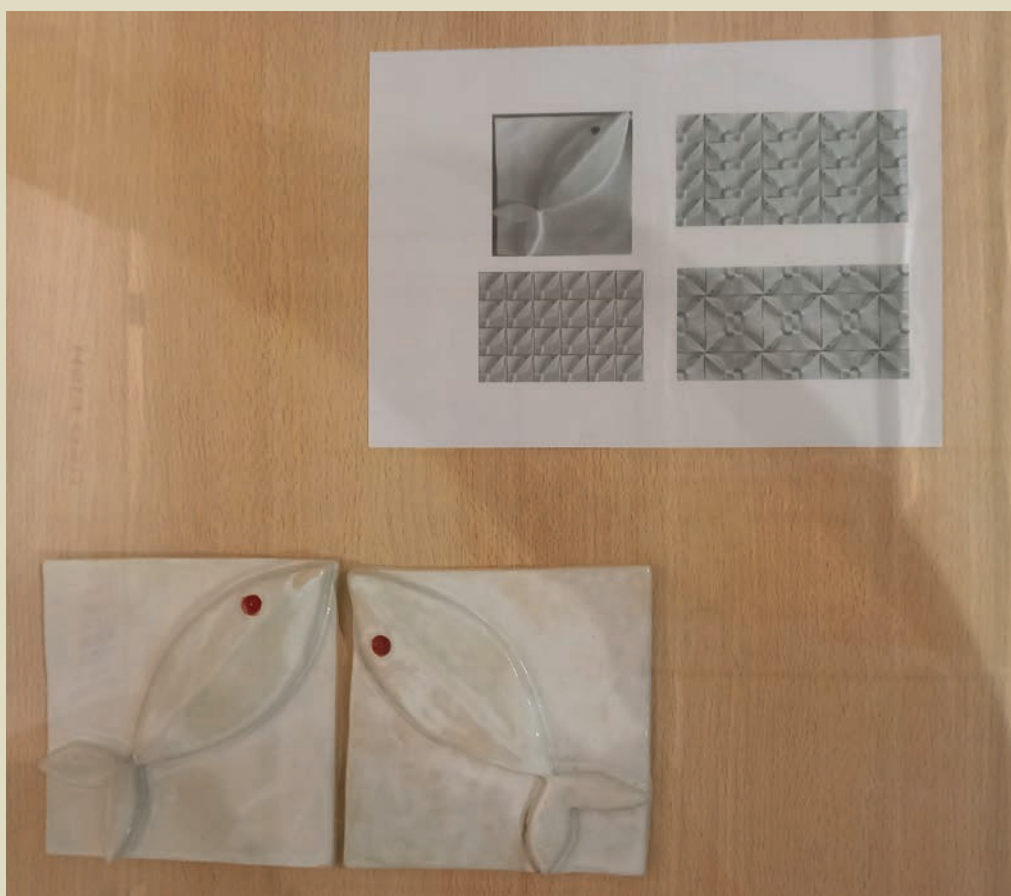
Alberto Reaes Pinto

Director of CITAD

DOI: <https://doi.org/10.34628/ZWF9-8D71>

ORCID: 0000-0002-0907-7595







AS FÓRMULAS NA ARQUITETURA

ATAS DO 6.º SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE ARQUITETURA E MATEMÁTICA



FÁTIMA SILVA¹

CITAD | LUSÍADA UNIVERSITY, LISBON, PORTUGAL

fatima.silva@edu.ulusiada.pt | [id 0000-0001-7259-7860](https://orcid.org/0000-0001-7259-7860)



ELSA NEGAS²

CITAD | LUSÍADA UNIVERSITY, LISBON, PORTUGAL

elsa.negas@gmail.com | [id 0000-0003-1322-8779](https://orcid.org/0000-0003-1322-8779)

A CONVERGÊNCIA ENTRE ARQUITETURA, MATEMÁTICA E TECNOLOGIA PARA UM FUTURO SUSTENTÁVEL

THE CONVERGENCE OF ARCHITECTURE, MATHEMATICS AND TECHNOLOGY FOR A SUSTAINABLE FUTURE

 10.34628/54VR-F260

¹ Arquiteta, com doutoramento em Desenho Urbano pela Universidade de Sevilha, é Professora da Faculdade de Arquitetura e Artes da Universidade Lusíada de Lisboa. É investigadora do CITAD, onde coordena a Linha de Investigação 'A Cidade e a paisagem na contemporaneidade' e os Projetos de Investigação EsTejo e LLAB21. Organizadora dos seminários de Arquitetura e Matemática – As Fórmulas na Arquitetura.

² Elsa Negas é docente universitária desde 1993, com atividade consolidada nas áreas da Matemática, Estatística e Investigação Operacional. É mestre em Investigação Operacional pela Universidade de Lisboa e desenvolve investigação de carácter interdisciplinar, com enfoque no apoio à decisão, na matemática aplicada à gestão e na articulação entre matemática, território e sustentabilidade. É investigadora integrada no CITAD – Centro de Investigação em Terri-

tório, Arquitetura e Design. Participa em comissões científicas e organizadoras de conferências nacionais e internacionais, destacando-se a sua integração na organização do 7.º e do 11.º International Conference on CSR, Sustainability, Ethics and Governance, bem como a sua participação continuada na comissão científica do ICMarkTech, em diferentes edições. A sua investigação recente incide sobre equidade territorial, infraestruturas, sustentabilidade e cidades inteligentes, tendo apresentado e publicado trabalhos científicos em conferências internacionais de referência nestes domínios. É autora de diversos artigos científicos e coautora do livro Estatística Descritiva – Explicação Teórica, Casos de Aplicação e Exercícios Resolvidos, em colaboração com a Professora Doutora Adelaide Carreira. Mantém uma participação ativa na formação pedagógica no ensino superior, com particular destaque para os Seminários de Prática Pedagógica da Universidade Aberta.



Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

Ouriginal Texto submetido à plataforma de deteção de similaridade e plágio OURIGINAL.

Os textos que constituem esta obra seguem, por decisão dos respetivos autores, a antiga ou a atual grafia.

O conteúdo desta obra é da exclusiva responsabilidade dos seus autores e não vincula a Fundação Minerva | Universidade Lusíada.

As FÓRMULAS NA ARQUITETURA

O Grupo de Investigação CITAD|Estejo, em colaboração com a Faculdade de Arquitetura e Artes da Universidade Lusíada, organizou o sexto seminário internacional “As Fórmulas na Arquitetura”. Este evento tem como objetivo aprofundar a relação entre tecnologia, arquitetura e matemática, destacando a interconexão dessas áreas como um alicerce fundamental para o desenvolvimento e a evolução do ambiente construído.

A investigação científica tem impulsionado de maneira surpreendente essa ligação, demonstrando que o rigor da matemática, combinado com o desenvolvimento de novas tecnologias, permite a criação de novas volumetrias, novos revestimentos e formas geométricas inovadoras. Essa inter-relação é essencial para a criação e evolução dos espaços que habitamos, influenciando não apenas o processo de conceção e construção, mas também a forma como vivenciamos o mundo ao nosso redor. A busca por beleza, harmonia, eficiência e sustentabilidade guia todos os esforços dentro de um campo multidisciplinar.

O seminário “As Fórmulas na Arquitetura” tem como missão divulgar novas investigações e envolver a comunidade académica, como o seu centro de investigação, os investigadores e os estudantes da Faculdade de Arquitetura e Artes. Esse envolvimento não só fomenta contatos com outros centros de investigação, mas também amplia as fronteiras da investigação nessas áreas, contribuindo para o avanço do conhecimento e a inovação no campo da arquitetura.

Um dos destaques desta edição é o painel temático dedicado ao azulejo, um material que transporta tradição na arquitetura nacional. Com uma história milenar, o azulejo vai além do seu papel decorativo, qualificando e caracterizando espaços com grande valor artístico e funcional. Durante a preparação do evento, foi promovido um *workshop* que resultou na criação de azulejos, culminando na exposição realizada no átrio dos auditórios durante o seminário.

A versatilidade e o impacto do azulejo na arquitetura contemporânea foram explorados, com ênfase na qualidade de matéria reciclável e material reutilizável, especialmente no espaço público e na composição de fachadas urbanas.

Nesta edição, o seminário continuou a explorar as relações entre matemática e arquitetura, com um foco especial em tecnologias de ponta que se desenvolvem com o objetivo de dar resposta a desafios emergentes. As apresentações e respetivos artigos abordam temas atuais que promovem a sustentabilidade, reconhecendo que problemas contemporâneos, como a exaustão dos recursos naturais, a degradação ambiental e as mudanças climáticas, exigem uma investigação científica multidisciplinar, onde a tecnologia desempenha um papel crucial.

O recente avanço tecnológico, especialmente no campo da arquitetura, tem transformado as metodologias de comunicação e representação do espaço projetado, além de inovar nos materiais e sistemas de construção. Este seminário visou debater a integração dessas novas realidades operativas, como a inteligência artificial, no processo de desenvolvimento arquitetónico.

“As Fórmulas na Arquitetura” apresenta novas investigações e ferramentas que abrangem desde a conceção do espaço arquitetónico às metodologias de ensino, des-

tacando o desenvolvimento de jogos de simulação que abrem novas possibilidades no planeamento e gestão dos espaços habitacionais e públicos.

Com o objetivo de envolver os estudantes durante a realização do seminário decorreu, em simultâneo, uma exposição, mas nesta edição foi proposto, pela qualidade dos resultados da *workshop* de Azulejo, a realização de um concurso “O azulejo na Arquitetura”. O qual incluiu o patrocínio da Fábrica de Cerâmica da Viúva Lamego, que se representou pela Dra. Catarina Cardoso e a parceria com a Mestre ceramista Alice Diniz. Nesta edição do *Workshop II* realizou-se em quatro etapas distintas:

- realização de uma conferência de apresentação, na qual é apresentada a colaboração do Professor Doutor Arquiteto Mário Chaves (coordenador do 1º ano do mestrado integrado em arquitetura) e do Professor Doutor Arquiteto Bernardo d’Orey Manoel (coordenador geral do Gabinete de Estudos e Projetos da Universidade Lusíada);
- realização de duas conferências de Tecnologias da Cerâmica, apresentadas pela Mestre ceramista Alice Diniz;
- palestra no Museu Nacional do Azulejo, proferida pelo seu diretor Doutor Alexandre Nobre Pais;
- realização do workshop no atelier da Mestre ceramista Alice Diniz.

Programa das conferências, keynotes speakers foram:

- Arta Basha Jakupi
PhD Eng. Architect
- Jan Cudzik
PhD Eng. Architect
- José Nuno Beirão
PhD Architect
- Melik Yakut
PhD Architect

Neste encontro foram convidados especialistas:

- Alice Diniz
Ceramista
- Catarina Almada Negreiros
Arquiteta
- Rita Almada Negreiros
Arquiteta

Tal como em edições anteriores, no último dia do seminário foi realizada uma visita, desta feita ao Museu Nacional do Azulejo, guiada pelo Doutor Alexandre Nobre Pais ao Museu Nacional do Azulejo.

Durante a apresentação das comunicações realiza-se uma exposição. Nesta edição, tal como na anterior a exposição apresenta azulejos e respetivos moldes produzidos pelos próprios alunos com a coordenação da ceramista Mestre Alice Diniz. O sucesso com a realização dos azulejos na edição anterior fez aumentar o número de estudantes interessados nesta participação pelo que logisticamente o workshop II

foi realizado em ambiente de atelier.

A parceria foi mantida com a ceramista Mestre Alice Diniz e todas as etapas foram realizadas no seu atelier. A inscrição no *Workshop II* foi limitada aos estudantes dos cursos de Arquitetura (mestrado integrado), de Design e de Jazz e Música Moderna da Universidade Lusíada (aberto ao universo de estudantes dos três campi universitários – Lisboa, Porto e Vila Nova de Famalicão).

Para esta publicação foi feita uma chamada de artigos nas áreas já indicadas e realizado o processo de revisão científica por pares. Para este efeito foi construída uma Comissão Científica cuja a constituição, pode ser consultada nesta publicação.

Desta forma garante-se a qualidade e o padrão científico de todos os artigos apresentados.

O concurso, elemento novo desta edição, já foi concluído e os prémios entregues, de salientar que participaram 52 alunos mas só submeteram a concurso 15 alunos com 13 trabalhos. O objetivo do concurso era apresentar uma proposta para o revestimento de uma parede exterior no espaço da esplanada do refeitório da Universidade Lusíada de Lisboa, no polo da Quinta do Almargem.

Este evento permitiu aprofundar o diálogo entre arquitetura, matemática e inovação, promovendo soluções que respondem aos desafios contemporâneos e construindo o caminho para um futuro mais sustentável e harmonioso.

KEYNOTE SPEAKERS









JAN CUDZIK¹

Gdansk University of Technology, POLAND

jan.cudzik@pg.edu.pl | [id 0000-0002-8162-2447](https://orcid.org/0000-0002-8162-2447)

COMPUTATIONAL DESIGN IN ARCHITECTURE AND THE AI REVOLUTION

DESIGN COMPUTACIONAL NA ARQUITETURA E A REVOLUÇÃO DA IA

[doi 10.34628/7KQD-CS35](https://doi.org/10.34628/7KQD-CS35)

Abstract: The field of architecture is undergoing a transformative evolution with the increasing integration of computational design and artificial intelligence (AI). This article navigates the dynamic intersection of AI and computational design, clarifying their connection. It explores parametric, generative, and algorithmic methodologies within computational design, showcasing real-world examples to illustrate their practical applications across diverse architectural scenarios. The study emphasizes the potential of AI to redefine design processes, enhance efficiency, and push creative boundaries. Furthermore, it delves into the ethical considerations, regulatory frameworks, and societal implications surrounding AI integration in architectural practices.

Keywords: Computational design | Parametric design | Generative design | Algorithmic design | Artificial intelligence | Architecture.

Resumo: O campo da arquitetura está passando por uma evolução transformadora com a crescente integração do design computacional e da inteligência artificial (IA). Este artigo navega pela interseção dinâmica entre IA e design computacional, esclarecendo a sua conexão. Ele explora metodologias paramétricas, generativas e algorítmicas dentro do design computacional, apresentando exemplos do mundo real para ilustrar as suas aplicações práticas em diversos cenários arquitetônicos. O estudo enfatiza o potencial da IA para redefinir processos de design, aumentar a eficiência e expandir os limites criativos. Além disso, ele investiga as considerações éticas, as estruturas regulatórias e as implicações sociais em torno da integração da IA nas práticas arquitetônicas.

Palavras-chave: Design computacional | Design paramétrico | Design generativo | Design algorítmico | Inteligência artificial | Arquitetura.

¹ Jan Cudzik is an architect and researcher at the Gdańsk University of Technology, Poland. His work focuses on computational design, parametric architecture, and the application of artificial intelligence in architectural processes. His research explores how algorithmic methods and digital technologies can

support innovative design solutions, optimize spatial configurations, and expand the creative potential of contemporary architecture. He has contributed to several academic publications and research projects addressing the intersection between architecture, computation, and emerging design technologies.



Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

Original Texto submetido à plataforma de detecção de similaridade e plágio OURIGINAL.

Os textos que constituem esta obra seguem, por decisão dos respetivos autores, a antiga ou a atual grafia.

O conteúdo desta obra é da exclusiva responsabilidade dos seus autores e não vincula a Fundação Minerva | Universidade Lusíada.

INTRODUCTION

The architectural design landscape is experiencing a profound revolution, propelled by the seamless integration of computational design methodologies and artificial intelligence (AI). Traditionally rooted in artistic intuition and manual craftsmanship, the discipline of architecture is now at the vanguard of a digital renaissance, where advanced technologies are reshaping not only the way structures are conceived but also the essence of the creative process (Schumacher, 2016). This introduction sets the stage for an in-depth exploration of the transformative potential that computational design holds for the architectural domain. The construction of digital models allows architects to assess material quantity, form complexity, and assembly system viability at the early conceptual stage. Accurate parametric models avert construction-stage problems and enable the rapid creation of test models at any scale.

Significant milestones have marked the evolution of architectural design. From the traditional drafting board to the digital realm, architects have witnessed a paradigm shift in the tools and methodologies at their disposal. The turn of the 21st century in a digital revolution is challenging architects to adapt to a dynamic landscape where creativity converges with computation (Mukkavaara and Sandberg, 2020). This section provides a historical context, highlighting the pivotal moments that paved the way for the current era of computational design (Frazer, 2016). Computational design serves as a catalyst, revolutionizing the architectural design process (Schumacher, 2009). It goes beyond conventional methods, introducing parametric, generative, and algorithmic approaches that leverage the power of algorithms and AI (Watanabe, 2002). As architects embrace these methodologies, the boundaries of creativity are expanded, and the efficiency of the design process is enhanced. This establishes the argument that computational design is not merely a tool but a transformative force shaping the future of architecture.

COMPUTATIONAL DESIGN AND AI INTEGRATION

The introduction of new technologies has significantly reshaped architectural design processes. At the close of the 20th century, the digital revolution marked a pivotal shift, transforming the traditional drawing board into a digital counterpart. This transition changed architects' tools and laid the groundwork for more effective and precise design methodologies. Digital technologies enabled architects to transcend the limitations of analog methods, ushering in an era of increased complexity, multi-layered processes, and enhanced computing capabilities. Algorithmic principles allow for changes at any stage without requiring manual drawings, contributing to time efficiency and reducing the probability of errors (Carpo, 2011). The evolution in architectural design methodologies becomes evident at various stages of the design process, demanding ongoing learning and adaptability from architects.

Computational design, encompassing parametric, generative, and algorithmic methodologies, forms the canvas upon which AI paints transformative strokes. The interplay between computational design and AI is explored (Hanafy, 2023) emphasizing this dynamic and evolving relationship. Parametric design, a cornerstone of

computational design, involves using parameters to define and manipulate objects. Architects harness the power of parametric design to create flexible, adaptive, and efficient structures. The generative design takes the possibilities of parametricism further, introducing the concept of systems that generate designs based on predefined rules and algorithms (Frazer, 1995). Architects employ generative design to explore many design variations, fostering innovation and pushing the boundaries of conventional thinking (Schwartz et al., 2021). As a subset of computational design, algorithm design methods bring a systematic and rule-based approach to the creative process.

The intersection of AI and computational design represents a frontier where machine intelligence collaborates with human creativity (Rahbar et al., 2022). This section delves into how AI algorithms augment the design process, offering advantages such as increased efficiency, quick design iterations, and the capacity to address complex design challenges. Real-world examples highlight the transformative potential of AI in optimizing layouts, enhancing sustainability, and developing user-friendly designs (Soflaei et al. 2020). Generative design goes beyond parametricism by utilizing advanced generative systems to solve geometric problems and create three-dimensional geometry (Rodrigues et al, 2015). The distinction lies in explicitly using algorithms that generate designs, incorporating identifiable correlations between algorithms and the developed design. While algorithmic design maximizes unit distribution by blending orientations, generative design uses linguistic rules, computer programs, or geometric transformations to bring forth the design during the creative process.

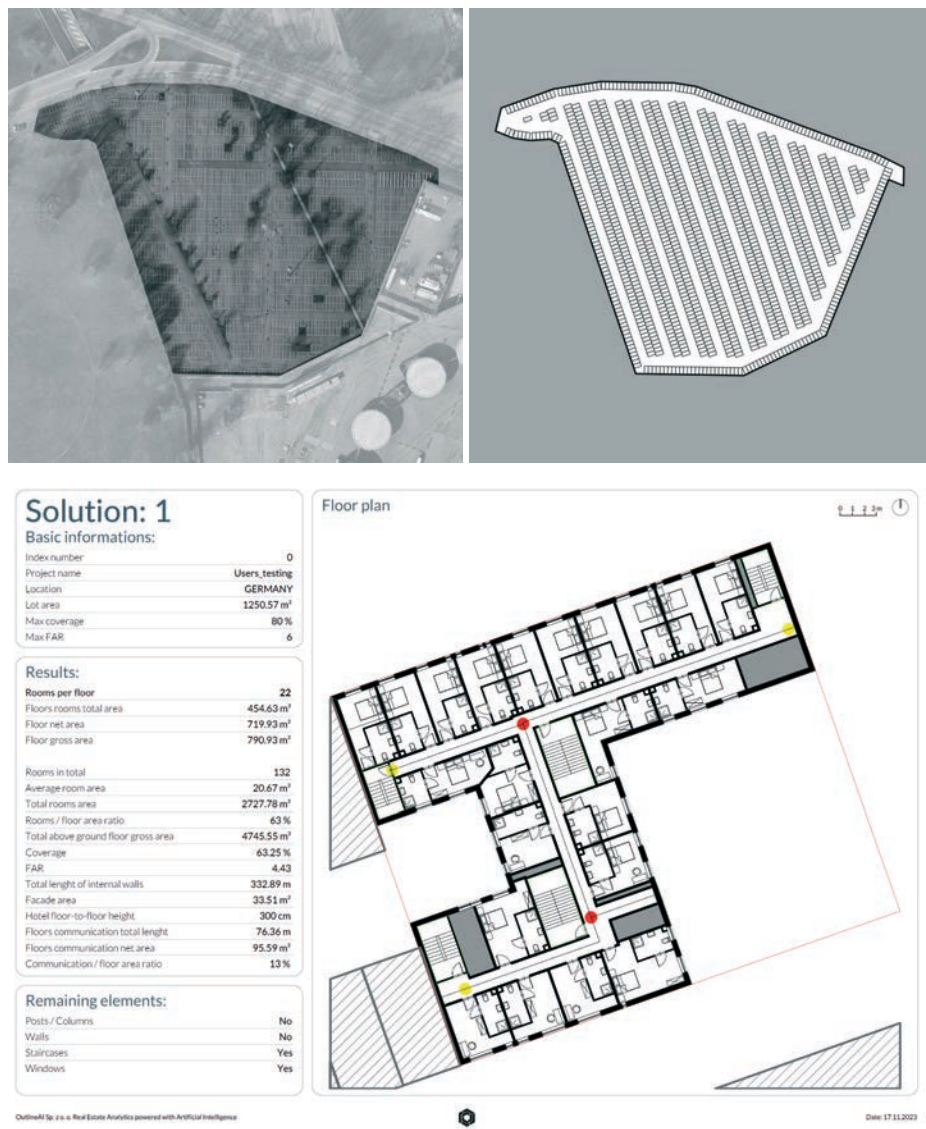
Applying computational design involves creating finite, ordered sequences of clearly defined activities using programming algorithms. Grasshopper for McNeel Rhino and Dynamo for Autodesk Revit are highlighted as visual programming overlays, providing accessibility to architects unfamiliar with traditional programming languages like C# or Python.

AUTOMATION AND AI APPLICATIONS

The next frontier involves automation-related activities as the design process becomes increasingly parameterized. Basic CAD software initiates this transition with functionalities like attribute-based block creation and floor area calculations. Automation in design extends beyond simple tasks, significantly simplifying complex processes and offering accuracy that is difficult to achieve through traditional means (Cudzik and Nessel, 2024). Automation becomes a tool not to replace architects but to empower them, providing an objective assessment and aiding in the search for optimal solutions based on crucial project parameters (Wu et al., 2023).

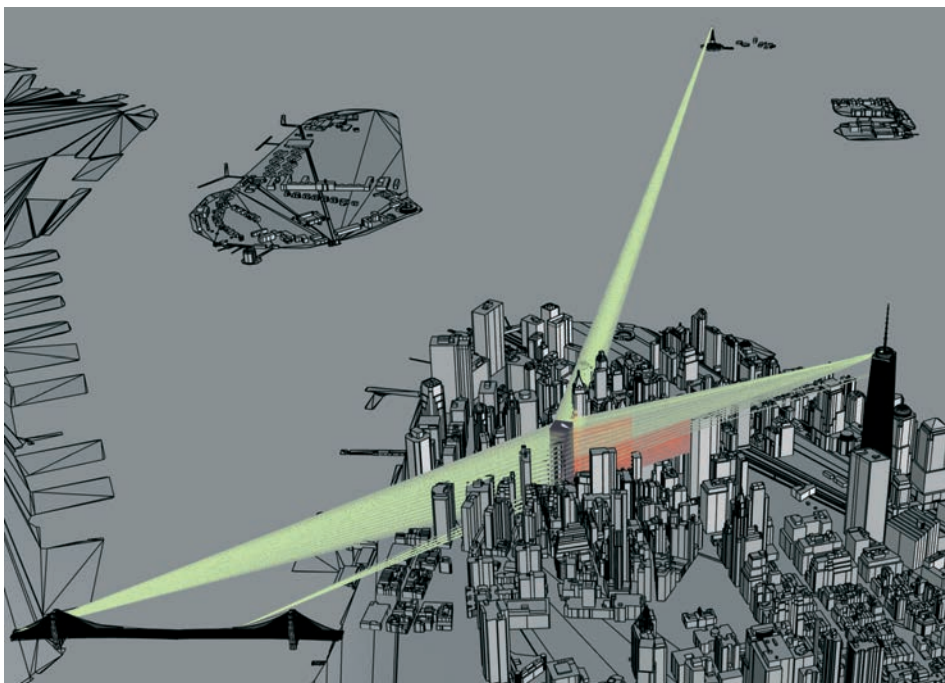
Beyond parametric design, integrating automation and artificial intelligence marks the next step in streamlining the design process. Advanced AI applications, exemplified by OutlineAI's algorithm for automatic hotel floor creation, showcase the transformative potential of AI in architectural design. Integrating artificial intelligence (AI) in architectural design introduces a profound shift in architects' conception of projects. Remarkably, AI-generated layouts prove equal or superior to those created by humans in a significant percentage of cases. This showcases AI's efficiency in optimizing design and highlights its transformative impact on architects' thinking and

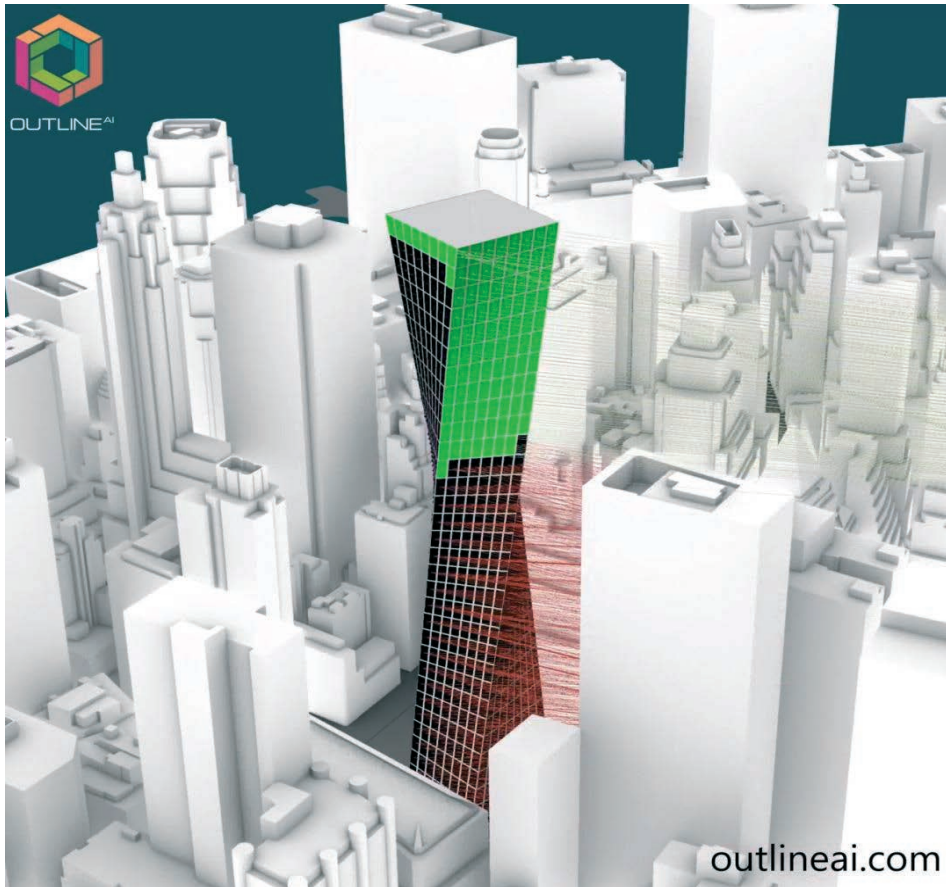
approaches to design challenges. The discussion extends to its impact on architects' thinking processes and economic parameters, demonstrating that AI optimizes designs and influences the project's profitability and success.



While algorithmic design methods bring substantial advantages, the potential departure from familiar patterns in layouts or other architectural elements is a critical consideration. Maximizing feasibility through algorithms might result in layouts that deviate from traditional patterns, posing user challenges in navigation and memoriza-

tion. This section underscores the delicate balance between innovative designs driven by algorithmic techniques and user-friendly layouts, prioritizing intuitive navigation and user experience. The importance of comprehensive analyses, encompassing factors beyond capacity, is reiterated to ensure a harmonious blend of innovation and user-centric design. Exploring new technologies and tools in architectural design establishes the foundation for understanding the dynamic shifts in the field. The following sections will delve into the results obtained through computational design methodologies, followed by a comprehensive discussion on the implications and future trajectories of these advancements in architectural practice.





DISCUSSION

Integrating computational design methodologies and AI applications impacts architectural thinking, transcending traditional paradigms and fostering a more dynamic and adaptive approach. As architects engage with parametricism, generative design, and algorithmic principles, their thinking evolves to embrace complexity and explore innovative solutions. The iterative nature of computational design aligns with the inherently iterative nature of the design process itself. Each design iteration prompts questions and provides answers, influencing the spatial effects obtained.

As a guiding force, Parametricism encourages architects to view design as a continuous modification process. The ability to make changes at any project stage without manual drawings or remodeling empowers architects to explore many design variations efficiently. This shift in thinking emphasizes the importance of embracing digital tools and computational techniques as integral components of the design process. Architects move away from traditional drawing boards to digital platforms, leveraging the power of algorithms to augment their creativity and problem-solving capabilities.

Moreover, the influence extends beyond individual projects to impact the overarching design philosophy within architectural studios. The introduction of automation and AI applications further transform the architect's role. Rather than replacing architects, these technologies enable a more objective assessment and facilitate the search for optimal solutions based on predefined parameters. Architects navigate a landscape where AI collaborates in the conceptualization phase, offering inspiration and generating design layouts. This shift prompts architects to adapt their thinking and design methodologies, integrating technology as a valuable ally in pursuing innovative and efficient architectural solutions.

The prospects of computational design in architecture are both promising and challenging. As we delve deeper into the era of advanced technologies, the seamless integration of parametricism, generative design, and algorithmic principles presents a vast landscape for architectural innovation. The ability to create complex designs, optimize spatial utilization, and streamline design processes through algorithms heralds a new era of possibilities. The ongoing development of digital tools like TestFit and Autodesk Forma, alongside evolving algorithms, exemplifies the trajectory toward more sophisticated and efficient digital tools for architectural and urban design.

However, challenges emerge in tandem with these opportunities. Diving from traditional patterns and configurations, driven by algorithmic design, introduces complexities and potential user navigation challenges. Architects must navigate the delicate balance between maximizing capacity and ensuring user-friendly layouts.

CONCLUSIONS

The future also holds the promise of automation and AI applications reshaping architectural practices further. The OutlineAI project, creating algorithms for automatic hotel floor layouts, offers a glimpse into the transformative potential of AI in design thinking. The economic parameters influencing project profitability and success underscore the multifaceted impact of AI on architecture. Yet, challenges lie in the need for architects to adapt to evolving technologies continuously, ensuring a balance between human intuition and the objectivity algorithms offer.

In conclusion, while the future of computational design in architecture holds immense potential, architects must navigate challenges, uphold ethical considerations, and strike a delicate balance between technological integration and preserving the discipline's core principles. The evolution of architectural thinking in the digital age necessitates continuous learning, openness to technological advancements, and a commitment to responsible and innovative design practices.

REFERENCES

- CARPO, M. (2011). *The alphabet and the algorithm*. Mit Press.
- CUDZIK, J., & NESSEL, M. (2024). Computational Approach towards Repetitive Design Tasks: The Case Study of Parking Lot Automated Design. *Sustainability*, 16(2), 592.
- FRAZER, J. (1995). *An evolutionary architecture*. Architectural Association Publications.
- FRAZER, J. (2016). Parametric computation: history and future. *Architectural Design*, 86(2), 18-23.

- HANAFY, N. O. (2023). Artificial intelligence's effects on design process creativity: "A study on used AI Text-to-Image in architecture". *Journal of Building Engineering*, 80, 107999.
- MUKKAVAARA, J., & SANDBERG, M. (2020). Architectural design exploration using generative design: framework development and case study of a residential block. *Buildings*, 10(11), 201.
- RAHBAR, M.; MAHDAVINEJAD, M.; MARKAZI, A. H., & BEMANIAN, M. (2022). Architectural layout design through deep learning and agent-based modeling: A hybrid approach. *Journal of Building Engineering*, 47, 103822.
- RODRIGUES, E.; AMARAL, A. R.; GASPAR, A. R., & GOMES, Á. (2015). An approach to urban quarter design using building generative design and thermal performance optimization. *Energy Procedia*, 78, 2899-2904.
- SCHUMACHER, P. (2009). Parametricism: A new global style for architecture and urban design. *Architectural Design*, 79(4), 14-23.
- SCHUMACHER, P. (2016). Formalism and Formal Research. *ARKETIPO—International Review of Architecture and Building Engineering—Rivista Internazionale di Architettura e di Ingegneria delle Costruzioni*, 104.
- SCHWARTZ, Y.; RASLAN, R.; KOROLIJA, I., & MUMOVIC, D. (2021). A decision support tool for building design: An integrated generative design, optimisation and life cycle performance approach. *International Journal of Architectural Computing*, 19(3), 401-430.
- SOFLAEI, F.; SHOKOUHIAN, M.; TABADKANI, A.; MOSLEHI, H., & BERARDI, U. (2020). A simulation-based model for courtyard housing design based on adaptive thermal comfort. *Journal of Building Engineering*, 31, 101335.
- WATANABE, M. S. (2002). *Induction design: a method for evolutionary design*. Springer Science & Business Media.
- WU, Z.; RAN, K.; LV, H., & WANG, T. K. (2023). Generative design: Integrating rent and retail compatibility goals for automated tenant mix layout. *Journal of Building Engineering*, 79, 107845.



JOSÉ NUNO BEIRÃO¹

Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa

jnb@fa.ulusiada.pt | [0000-0003-4743-6082](https://orcid.org/0000-0003-4743-6082)

ARCHITECTURE AND COMPUTING IN THE DIGITAL ANTHROPOCENE. ARCHITECTURAL EDUCATION AND PROFESSIONAL OUTPUTS

ARQUITETURA E COMPUTAÇÃO NO ANTHROPOCENO DIGITAL. EDUCAÇÃO ARQUITETÓNICA E RESULTADOS PROFISSIONAIS

[doi 10.34628/GXEH-7688](https://doi.org/10.34628/GXEH-7688)

Abstract: The Anthropocene marks a change in geological epoch caused by the overload in the consumption of natural resources that humanity inflicts on the planet. This change imposes a vast number of changes in our habits, which are essential for our survival. Among others, it implies a radical change in the way we produce City and Architecture. This presentation reflects on the consequences of these changes in the way we teach Architecture, Urbanism and Planning. We start from the analysis of the problem, to the implications in the production of City and Architecture in the context of the digital era (the Anthropocene is contemporary to the digital) and we assess the upstream implications in the teaching of Architecture (understanding teaching as the main basis of transformation and social revolution necessary to face the challenges of the Anthropocene).

Keywords: Architecture | Anthropocene | Natural resources | City | Teaching.

Resumo: O Antropoceno marca uma alteração de época geológica provocada pela sobrecarga no consumo de recursos naturais que a humanidade inflige ao planeta. Esta alteração impõe um vasto número de mudanças nos nossos hábitos indispensáveis à nossa sobrevivência. Entre outras, implica uma alteração radical no modo como produzimos Cidade e Arquitectura. Esta apresentação reflete sobre as consequências destas alterações no modo como ensinamos Arquitectura, Urbanismo e Planeamento. Partimos da análise do problema, para as implicações na produção de Cidade e Arquitectura no contexto da era digital (o Antropoceno é contemporâneo do digital) e aferimos quais as implicações a montante no ensino da Arquitectura (entendendo o ensino como a principal base de transformação e revolução social necessária para enfrentar os desafios do Antropoceno).

Palavras-chave: Arquitectura | Antropoceno | Recursos naturais | Cidade | Ensino.

¹ Degree in architecture from FAUTL, master's at ISCTE, founding member of bquadrado arquitectos. He completed his PhD, "CityMaker: Designing Grammars for Urban Design", at TU Delft, proposing a set of 'urban induction patterns' to develop parametric urban models, and presented the concept of City Information Modeling (CIM), associating parametric models and georeferenced information to analytically support urban design. He currently works exclusively at FAU Lisboa.



Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

Ouriginal Texto submetido à plataforma de deteção de similaridade e plágio OURIGINAL.

Os textos que constituem esta obra seguem, por decisão dos respetivos autores, a antiga ou a atual grafia.

O conteúdo desta obra é da exclusiva responsabilidade dos seus autores e não vincula a Fundação Minerva | Universidade Lusíada.

INTRODUCTION

The 20th Century marked a transition in geological epoch from the Holocene to the Anthropocene. This new epoch and denomination reflects the impacts inflicted by humanity on our planet, to the point of initiating an already observable shift in environmental conditions leading, if nothing is done to avoid it, to an almost certain extinction event (Meadows, Randers, and Meadows 2004). The impacts of mankind on earth, some say, can be traced back deep into the Holocene to the time of mammoth extinction, but its wider impact has been more evidently inflicted since the beginning of the industrial revolution and exponentially growing since the second half of the 20th century – at least impacts on the environment are now quite evident and traceable. Etymologically, the word Anthropocene (from the Greek word *Anthropos* meaning 'Man') demarks the impact of humans on the geological evolution to form a new epoch. To avoid such an apocalyptic aftermath, humans need to radically change their habits and environmental policies, and review the way they produce the built environment (Meadows, Randers, and Meadows 2004). Considering that the built environment constitutes one of the most impacting aggressions to our ecosystems, this paper reflects on the consequences of climate change and possible strategies to mitigate them, on the way we teach Architecture, Urbanism and Planning.

The paper starts from an analysis of the problem and its implications on the production of City and Architecture in the context of the digital Anthropocene. The digital condition of the present stage of technological development is seen as an opportunity for improving many habits rooted in our present societies, for rethinking the way we design and plan the built environment, and eventually, revert the present environmental crisis towards a more sustainable way of inhabiting our planet. Evidence that we can do it is already there (TED 2023), (Ritchie 2024), (Gates 2021) and it is worth trying. Then, we assess the upstream implications in the teaching of Architecture and Urbanism understanding teaching as the main vehicle of transformation and social revolution necessary to face the challenges posed by climate change. Under such reflection we assess our Architecture schools curricula and propose fundamental changes in their structure in opposition to the present conservative structure, particularly expressive in the context of Portugal¹. We present evidence that the conservative curricula in Portugal is present along the entire education process of a student, and assess the many pedagogical alternatives already well-known within the field of pedagogy which seem to face resistance from society and from educational institutions. We will also present evidence that Architecture curricula should be based on a much wider target than simply the education of practicing architects.

¹ The Portuguese context presents some peculiarities that makes it particularly interesting for the current discussion: on the one hand, there is much empirical evidence that the Portuguese architecture academy still stands on rather conservative premises and methods, but on the other hand Portuguese Architects and Portuguese Architecture in general has a high international reputation, and this reputation does not seem to have been reducing (or at least there is no evidence of that). So, this paradox makes the Portuguese case one of special interest.

THE CHALLENGES OF THE ANTHROPOCENE

The Anthropocene presents many urgent challenges to human kind, many of them that might be handled by architects, urban planners and designers in general, others by engineers, economists, politicians and other experts:

- Growth versus Reduction (Demographics and Economics)
- Climate Change
- Global Trade – High consumption – High Carbon Footprint
- Inequality – Uneven distribution
- To preserve Peace and Democracy in an overcrowded planet
- Digital inclusion and exclusion
- Robotics and Unemployment
- Artificial Intelligence and Automation
- Sustainability

The aim here is not to address each of these topics but to highlight the complexity embedded in them as well as the high degree of transdisciplinary required to properly address such complexity. Let's move forward to the implications in education.

THE CONSERVATIVE EDUCATION REALITY

Considering that high education academia should in principle be a place where new knowledge is being developed, one would expect that education curricula would tend to improve in terms of flexibility and innovative content, as well as decreasing in terms of conservatism at higher levels of education, while being a lot more conservative and fixed at basic education levels; however, it seems that reality is exactly the opposite – education curricula at the basic levels of education (primary school) is more flexible and modern (“Aprendizagens Essenciais - Ensino Básico | Direção-Geral Da Educação,” n.d.), more conservative at secondary school (“Ensino Secundário | Direção-Geral Da Educação,” n.d.), further more during higher education under-graduate level and even more at post-graduation level (e.g.: <https://www.fa.ulisboa.pt/index.php/pt/> (“Estudar,” n.d.)). At least this is the present Portuguese reality.

It is important to note here that the current curricular structure at basic school includes Information and Communication Technologies (ICT) and Art pedagogical contents at all levels of basic education (from 1st to 9th year – 6 to 15 years of age). The ICT programme for the first cycle (1st to 4th year) states the following objectives (https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais/1_ciclo/oc_1_tic_1.pdf - page 2):

- *“critical, reflected and responsible attitudes in the use of digital technologies, environments and services;*
- *online information research and analysis skills;*
- *ability to communicate appropriately, using digital means and resources;*
- *creativity, through the exploration of ideas and the development of computational thinking with a view to producing digital artefacts.”²*

² Translated from the Portuguese original.

Whether these contents are already put in practice in all its stated intentions or not is not the point; the important message here is that the intention is already written into official education policy.

In the case of high education, we will concentrate our attention on Architecture and Planning schools and Institutes, because Architecture and Planning education is the main object of this research, and in particular, the education for the production of a sustainable built environment where architects and designers in general may play an essential role. We also concentrate our attention on the Faculty of Architecture of the University of Lisbon (FAUL) not just because it is the oldest and largest architecture school in Portugal, but also because it contains design subjects from the hand scale to the city scale, being as such, at least potentially, the ideal place for flexibility and transdisciplinarity, hence containing the perfect latent conditions for innovation to emerge³.

Yet, Conservatism seems to be deeply embedded in education institutions and still rooted to old paradigms of rationalism and industrial management logic (RSA 2010), (TED 2007) imposing fixed curricula and fixed education visions based on the assumption that the main education contents are still the same; as if the essence of Architecture and Design would be unchangeable and the prerogative of just a few.

EDUCATION, ART, CREATIVITY AND HOW SOCIETAL PRECONCEPTIONS KILLS THEM

Ken Robinson (RSA 2010), (TED 2007) (PhD and Aronica 2016) argues that contemporary education systems are still ruled by rationalist industrial age ideals and Fordism organization methods where people were educated to fulfil particular well defined tasks for which very specific skills could be detailed in advance and therefore embedded into education programmes to prepare specialized skilled workers. Students were therefore seen as future pieces of a highly specialized production organization where creativity was not even acknowledged as necessary as long as the workers' skills to fulfil a specific task had been demonstrated and proven efficient. The role of education in such a context would be seen as a preliminary phase to prepare someone for a life enduring specialized job, a job seen also as one of the many gears of a large industrial manufacture organization. Robinson argues that in such an education model, school programmes were designed to educate people as very specialized task executors, parts of a large industrial production system. And therefore, he says, students were essentially educated '*out of creativity*' rather than '*into creativity*'. His main argument is that our present education system is still largely driven by these old fashioned ideas and therefore producing a education system maladjusted to the real needs of people, present societies and development challenges.

The importance of this statement becomes even more pertinent when reinforced by Richard Florida's ideas on creative society and in particular about the role of creativity in the development of new job opportunities, innovative ideas and

³ FAUL contains three main lines of education, Design, Architecture and Urbanism, with several branches of specialization, all of them under the methodological umbrella of design – a single method covering all specializations. As such, FAUL may be classified more generically as a school of design. Yet, we should highlight that ICT objectives such as the ones stated for basic education are not considered in FAUL's Architecture and Urbanism programmes. We will analyse this in detail further ahead.

economic developments (Florida 2014), (Florida 2005). Florida states that we are going through a new industrial revolution where old jobs are being replaced by automation and new jobs are emerging from a highly creative class with a much different profile from those found in the previous generations. In particular, he stresses the role of creativity in this process of change and even names this new class, the Creative Class, pointing out Creativity as its main feature. Florida highlights a set of features common to people in the creative class: (1) great entrepreneurship; (2) high creativity; (3) highly ambitious; (4) great job mobility; (5) capable of creating their own jobs; (6) highly skilled in new technologies and information technologies in particular; (7) tolerant and open minded; (8) with propensity to alternative lifestyles; and (9) many of them have (or have enrolled in) high degrees of academic education and/or research. As argued by (Gladwell 2006), successful people have been able to pursue freely their interests and build progressively their specific skills in very exclusive ways and very specific circumstances. The main message here is that a rigid education system based on established preconceptions might more certainly be constraining creativity, or even eliminating it, rather than promoting creativity. Based on the arguments of these authors (though many others could be mentioned to further support them⁴), we will start our criticism to the established education systems by assuming that (A) creativity is the central goal of education; (B) that creativity may only be fostered through freedom of choice; and therefore (C) that any education curricula that praises creativity can only be taken seriously if freedom of choice is fostered and not the opposite. The corollary of these should then state that the educational programmes that most foster creativity are the ones providing higher degrees of choice to their students. Conversely, a fixed educational curriculum can only frustrate creativity and restrict the appetite for it, in other words, 'educate students out of creativity'.

The argument of flexibility is further supported by Bermudez (2018) claiming it as an important additional feature to Rittel's (1971) visionary proposal to architecture education which already included the integration of information technology within curriculum. More importantly, Rittel proposed concepts like (1) teaching the necessary knowledge to obtain the required knowledge for solving a particular architectural problem; (2) to teach not only "*general rules but also rules to for the changing of rules*"; or (3) educating "*flexible professionals*" that are capable of adapting to varying tasks emerging from ill-defined problems or wicked problems (H. Rittel 1971) (H. W. Rittel 1977).

THE CONSERVATIVE ARCHITECTURE EDUCATION IN PORTUGAL. THE CASE OF THE LISBON SCHOOL OF ARCHITECTURE

FAUL is the oldest and largest Architecture school in Portugal and it has been the school out of which many renowned Portuguese architects have obtained their architecture degrees. These features make it a representative school of architecture within the Portuguese context and therefore we take it in this study as representative for the theme under analysis – Architecture Education in Portugal.

⁴ See also (Bermudez 2018), (Autor 2015), (Schon 1987), (Chomsky 2003) and (H. Rittel 1971)

FAUL offers an Integrated Master (BA + MA)⁵ programme in Architecture with three specialization areas: Architecture, Urbanism and Interior Architecture and Rehabilitation. A Bachelor degree in Design and several Master programmes in Design (Communication, Fashion, Product and Interaction Design) and one in Territorial Management and Urban Studies (in collaboration with other institutes)⁶. In terms of curricular flexibility, the Masters Design programmes are basically strict, but the Design Bachelor degree considers 12 ECTS credits in elective courses.

There are also three doctorate programmes covering Architecture, Urbanism and Design.

Two things become evident after a preliminary scroll down the courses contents and their current study plans: (1) there is a wide offer of Design contents; and (2) the Design courses integrate in their study plans a large amount of digital and technological contents (assuming that they are lectured with up to date knowledge), and that, should in principal cover a wide range of digital skills.

The first 3 years of the Integrated Master programme in Architecture (1st cycle) are common to all specialization areas and provide no space for elective courses – 120 ECTS credits of fixed academic curricula (Figure 1). Furthermore, the only evident digital disciplines are 'Digital Representation' and 'Geometric and Generative Modeling', 3rd and 4th semesters respectively, with 4 and 2 ECTS credits respectively. The reader should note that the names of the previous disciplines imply that three courses entitled 'Architectural Drawing' I, II and III, corresponding to a total of 18 ECTS credits, do not contain any digital representation of Architecture but refer to traditional drawing methods. A check through their specific programmes will confirm this implication. Additionally, the course 'Descriptive and Conceptual Geometry in Architecture', barely touches the digital while spending excessive attention on theoretical aspects of geometry and representation. This course corresponds also to 6 ECTS credits. In total, a fourth of the attention is put on digital contemporary methods rather than on centenary arguably outdated methods. In all cases BIM is seldom mentioned. Why not use all this workload to teach Architectural Representation from introduction to advanced digital skills, covering from CAD to BIM, from visual programming to tool customization? The available time would be enough to cover all the necessary advanced contents. GIS are also superficially addressed in the 'Geography' course⁷ and never applied in the practical courses, not even in 'Urbanism and Territorial Planning' (5th semester), which means that students end the first cycle forgetting how to use the basic tools for urban analysis and planning that are mandatory within current practice.

The second cycle (MA) provides only 12 credits in elective courses in a total of 120 credits (10% only, less than 5% in the whole Integrated Master Course). There are no explicit digital contents in the three specializations. Considering the scarcity of digital

⁵ Under the Portuguese law the higher education system is divide in three cycles, the 1st cycle corresponding to a Bachelor of Arts (BA), the 2nd cycle corresponding to a Master of Arts and the 3rd cycle to a doctorate degree (PhD). The images are taken from FAUL's website where the Portuguese nomenclature prevails.

⁶ <https://www.fa.ulisboa.pt/index.php/en/degrees>

⁷ The contents on GIS and spatial analysis largely depends on the professors' will to teach the tools and approach the programme topics by recurring to GIS analysis functions. Still, this course could be in potential the introductory course to GIS and spatial analysis methods.

resources provided in the 1st cycle, the academic curricula assumes that students will learn by themselves. BIM is ignored in the Architecture specialization, whilst GIS and spatial analysis are ignored in the Urbanism, City and Territory specialization. Students come out of the masters without the tools they will be required to use in architecture practice – no BIM management notions; no spatial planning notions.

The academic curricula are clearly very conservative, rigid in their determination (less than the usually considered 25% elective structure) and outdated in regard to advanced contemporary contents and especially in regard to digital contents revealing a pathological denial of the current digital real world. We will discuss this pathological conditions further ahead.

MiARO (1st Cycle)

1st Year 1st Semester		HCW ECTS	
Design Studio I	8	12	
Architectural Drawing I	4	6	
Descriptive and Conceptual Geometry in Architecture	4	6	
Applied Mathematics	2	3	
City, Architecture and Art Culture	2	3	
1st Year 2nd Semester			
Design Studio II	8	12	
Architectural Drawing II	4	6	
Building Materials	4	6	
History of Architecture I	2	3	
Statics	2	3	
2nd Year 1st Semester			
Design Studio III	8	12	
Digital Representation	4	6	
Geography	4	6	
Structural Design	4	6	
2nd Year 2nd Semester			
Design Studio IV	8	12	
Physics and New Materials for Architecture	4	6	
Architectural Drawing III	4	6	
Geometric and Generative Modeling	2	3	
History of Architecture II	2	3	
3rd Year 1st Semester			
Design Studio V	8	12	
Urbanism and Territorial Planning	6	9	
Building Technologies	4	6	
History of Architecture III	2	3	
3rd Year 2nd Semester			
Design Studio VI	8	12	
Interior Architecture and Building Rehabilitation	6	9	
Infrastructures, Systems and Regulations	4	6	
Theory of Architecture	2	3	

Figure 1- Integrated Master Programme, 1st Cycle (BA)

The doctorate programme presents an even worse panorama. Let us first frame what a doctorate degree in creative areas like Architecture, Urbanism and Design should be. (1) as any doctorate course, the output should be innovative; (2) should be creative; (3) they should be highly specialized (meaning also, highly technical) (4) should be meaningful and have societal impact; but more importantly, and considering that these areas of activity are in their nature cross-disciplinary, (5) they should potentially be more interesting and disruptive whenever they can bring more cross-disciplinary innovation. All these conditions imply that the more interesting and innovative the research is the less we are able to predict it. Essentially, it means that the more flexible the curriculum is, the better. In the case of FAUL's doctorate degree, the first year is structured as a strict academic curriculum, based on the assumption that the first year is a learning year. Two comments on this assumption. First, there is no way a researcher is going to fulfil all his/her knowledge requirements in a single year if true innovation is really going to be an output. Second, once true innovation is a fundamental requirement for a doctorate degree, the referred learning year must be highly specialized and advanced in all its possible cross-disciplinary conditions. The corollary of these comments is that any constraint on flexibility is nothing but a limitation to the real required knowledge development and possibly just a waste of time.

The present official doctorate programme includes, in its first year, two main mandatory courses, 'Research Methodology' and 'Research Seminar', the first introducing students to research methods, and the second providing a discussion space and support for students to develop their PhD research proposals. These courses correspond to a third of the 1st year's credits. Adding to these are three courses to be chosen from a short list from a specific knowledge field (Architecture / Urbanism / Design). These are, in practice, predefined and therefore could be interpreted as mandatory – this will be further discussed. The amount of credits corresponds to half of the total 1st year's credits. Finally, there is a 10 credit elective course. This would be in principle correct assuming that students choose a highly specialized course essential for their research. However, usually, students choose from a small set of generic predefined courses, hence not fulfilling the high specialization requirement they should. Nevertheless, this can be bypassed by the student as it essential his/her choice.

A few comments:

- This structure assumes that PhD students need an introductory year to deepen their knowledge on their research subjects and produce by the end of that year a valid PhD proposal to be submitted for approval. Such assumption may only be valid if a doctorate student begins the first year already in possession of basic knowledge on research methods and scientific writing, and that the required learning in the first year should be highly specialized and fully directed to the research topic s/he wants to pursue. Otherwise, the student will require at least an extra year to develop a qualified proficient proposal and three more to end the PhD.
- Two aspects derive from this situation: (1) if a student does not have basic knowledge on research methods and on writing research proposals, the additional courses will not bring the expected levels of specialization because they will be necessarily exploratory and generic, and consequently, the student will

have to consume at least one more year acquiring the necessary specialized knowledge; (2) if the student already has these basic research skills, and eventually have an idea of what s/he wants to do, then all generic elective courses will be a waste of time and as consequence will only be delaying the student, if not promoting frustration and deceit. Hence, in the latter situation, a student will only be interested in very specialized and specific courses, while in the former, the situation would be best handled by providing an introductory course on research methods, validation, scientific writing and knowledge disclosure⁸.

The conclusion can only be that any mandatory courses (in a first year) have simply no sense in a PhD programme because they constrain innovation and distract the most valid researchers from their work. The academic programme provided by FAUL for PhD level is therefore not flexible enough and hence inappropriate.

As an additional sustaining argument, design problems and especially architectural design problems have always been classified as the hardest to compute and defined as *wicked problems* (H. W. Rittel 1977) (H. Rittel 1971) due to (1) their complexity (functional, technical and social), (2) transdisciplinary extent, (3) encompassing conflicting technical requirements and regulatory constraints, (4) having many valid solutions, and (5) having to respond to idiosyncratic aesthetical values (Simon 1996), (Cross 2011), (Lawson 2006). Such complexity of transdisciplinary viewpoints cannot be tackled by single path strategies and requires a clear necessity of open customisable transdisciplinarity. Furthermore, the access to highly advanced contents in several knowledge domains is also a necessity, because, an innovative researcher should be in the front line and many times bringing into the design fields subjects traditionally considered unexpected like biology, chemistry and artificial intelligence (Florida 2014), (Braungart and McDonough 2009). Designers⁹ in academia who do not accept this have an obvious misunderstanding of their job. Finally, the challenges of the Anthropocene definitely require holistic transdisciplinary approaches; if architects, urbanists and designers are to have a role in mitigating our environmental problems, the first step must be an open mind to transdisciplinary innovation, to technology, and to unforeseen ideas.

THE ROLE OF ARCHITECTURE AS A SPRINGBOARD FOR INNOVATION

As previously exposed, Florida (2014) points out a handful of common characteristics of people involved in creative jobs, of those that compose today's most representative professional class, the creative class. Among them, many overlap the main characteristics of successful architects: (1) skilled in creative methods, (2) especially in design methods, (3) trained in cross-disciplinary holistic synthesis, (4) seeking for innovative solutions; and, Florida so assumes, (5) highly proficient in digital technologies. Many of the biggest architecture offices nowadays seek people with these characteristics (e.g: UNStudio, Zaha Hadid, BIG among others). Programming skills and use of AI tools is now very common to appear in job position requirements in these larger offices.

⁸ ... and this course is already available at FAUL: <https://www.fa.ulisboa.pt/index.php/pt/cursos/pos-graduacoes/introducao-a-investigacao-em-arquitetura-urbanismo-e-design>

⁹ Architects, Urbanists and creative designers in general.

The main argument emerging from Florida's is that architects encompassing all these skills are the best creative candidates for developing innovative ideas, whether they might be architectural innovations or simply innovations of some kind. In fact, Florida argues that these are the people inventing the future jobs, jobs that we cannot imagine now but will surely appear in the future. In this paper, we want to sustain this argument and add that all areas of design contain such potential. If we accept this, schools like FAUL should be in a very privileged position because it provides design education from hand to city scale. Possibly also a privileged position to develop innovative solutions for answering creatively the challenges of the Anthropocene.

THE CASE OF THE LISBON SCHOOL OF ARCHITECTURE – DESIGN AT ALL SCALES – FROM THE HAND TO THE CITY

As we have seen above, FAUL offers education on many different fields of design, namely, Communication, Graphic, Industrial and Fashion Design, Architecture and Urbanism, providing courses that are specific to these areas, though still missing many contents on contemporary digital methods and advanced digital methods. Admitting that such digital programmes could easily be included in the academic curricula, such a school of design would potentially be a natural cauldron for innovation.

In order to unleash such potential for innovation, FAUL would only have to get rid of its predefined reductionist and deterministic structure and replace it with an entirely customizable structure. Such a suggestion is generally criticized with arguments stating: (1) that there will not be a rigorous way to tell which diploma should a specific student get when his/her education is composed of courses from many different areas; (2) that such type of approach would drive the administration unmanageable.

The latter criticism is a management problem and therefore should be in principle rather easy to solve with contemporary digital management tools. As such, let us concentrate on the first criticism, for this is the scientific/pedagogical one.

WHAT TO DO? SOME IDEAS

Let's start with a disrupting argument: maybe the best would be to have a diploma with a minimum number of ECTS credits without specifying any particular area of design (whatever the scale or the object of design). This could be left entirely to the student's decision and the diploma should contain an annex describing the specific courses and results obtained by the student and stating the total number of credits obtained¹⁰. In such a case, we would only have to specify that a bachelor degree would require a minimum of, say, 180 ECTS credits (just to keep the present standard) and an additional minimum of 120 ECTS credits for a master degree. Post graduations and doctoral degrees will be addressed after these.

¹⁰ There is an assumption in academic administration that a degree should correspond to an exact number of credits eventually driving students to frustration for not being able to choose a specific course because it allegedly sums up more than the degree's total number of credits. If not having the necessary credits is a justifiable argument, having too many cannot be rationally understood as a justifiable argument for creating choice limitations to students. However, this footnote would not be here if such situations had never occurred.

Still, accepting that specific diplomas could be issued, such a scenario could also be easily managed. To simplify the argument, let's assume that all degrees keep the same existing structure (accepting that the digital contents have been inserted in the Architecture and Urbanism curricula – the Design degrees may be considered as they are). In an academic programme all courses require scientific approval by a scientific council. If in such approval procedure the course's credits are attributed to a specific or several knowledge areas – some courses might be eligible for more than one knowledge area – a student would only have to sum up a minimum number of credits in a knowledge area to obtain the degree in that area. For example, let's say that to obtain a bachelor in Architecture a student is required to obtain 50% of credits (90 ECTS credits) in courses recognized as belonging to the Architecture knowledge area, the student would be free to choose the courses summing those 90 credits from all provided courses classified as belonging to the Architecture area and freely choose 90 credits from whatever is available at the school customizing the course to her/his expectations. In fact, we could even argue that having a small number of credits from courses provided by other institutes would cross pollinate creatively the future outcomes (e.g.: contents from biology, landscape Architecture and chemistry are very much in tune with the present innovation trends) and eventually foster innovation. This could also foster transdisciplinary protocols and consortium building. Assuming as an example that a particular student would sum up 90 credits from Architecture, 60 credits from Urbanism, 20 credits from Industrial Design and 10 credits from other courses (possibly from different institutes), and admitting that this student was willing to attend some extra 30 credits in Urbanism courses, this student would be in position of obtaining two bachelor degrees, one in Architecture and another in Urbanism¹¹.

What the examples in the previous paragraph mean, is that there are ways of keeping some degree of control over the conditions upon which a specific diploma may be issued, but the underlying message is that less the control equates higher flexibility, and therefore, the better the academic curricula because higher flexibility should promote higher innovation potential and certainly a great diversity of education outputs to pollinate the country with novelty. Above all, such a structure would be a lot more in tune with our present society and the challenges of the Anthropocene, and particularly responsive to the main characteristic of the present century: continuous change and continuous upgrade. Additionally, such flexible structure would allow the introduction of post-graduation certificates designed for people willing to update their knowledge in order to keep pace with transformation and evolution – a true *education-through-life* programme.

¹¹ The previous sentence assumes that in a school of Architecture, Urbanism and Design, there are three departments with a corresponding name, each representing a corresponding knowledge area. However, the present structure at FAUL is more complex including several additional departments, namely, (1) Geometry, Drawing and Computation, (2) History and Theory of Architecture, Urbanism and Design, (3) Technologies for Architecture, Urbanism and Design, and (4) Social Sciences and Sciences of the Territory. In total there are 7 departments. This fact does not invalidate the argument of attributing credits to knowledge areas; it only makes it a bit more complicated. This means that the attribution of a diploma should be based on how many credits should be requested per knowledge area to issue a specific diploma as long as a minimum of 30% to 40% of the credits stay free for the students to choose. Also, this does not mean that specific courses have to be attended; it means that the choice is simply more restricted to a certain number of courses but still wide enough to provide individual customization.

A common opposition to this type of proposal is an argument based on the European norm for Architecture Education which sets a template structure defining the percentage of courses from specific areas of knowledge (corresponding to the 4 additional knowledge areas that presently exist at FAUL – see footnote 9) together with architectural design. The opposition is based on the fact that this norm does not leave much space for flexibility. This norm stands as a common European agreement over the conditions upon which architects may have an education that is comprehensive enough for the requirements of the practice; in other words, what architects need to know to be able to act as practicing architects. There are two main misconceptions in such an interpretation. The first is the assumption that the role of Architecture Education serves the exclusive purpose of educating practicing architects. Statistics at European level prove such assertions to be wrong – large percentage of architects do not practice. The second misconception is the assumption that all students need to be educated in the same way and that a diploma assumes the existence of an equal structure. This assumption contradicts and thwarts the argument of flexibility and customization, and a diploma need not be based on an equal structure, but, as argued, on a set of minimum requirements. Once a diploma contains the list of courses done by a student, and students may even be able to add extra credits to their diplomas, the problem becomes irrelevant. Furthermore, a specific student might not be interested in Architecture practice, but possibly in something more important, relevant, local, urgent, profitable and specific that we cannot imagine in advance. In any case, this student would always have the choice to add credits to his/her education by doing additional credits with the necessary courses to obtain the European requirements. Open structure for an open mind should be the motto. But before, we need to open minds to take such step. This is also in line with the very multilateral foundations of the E.U. and international organizations, as well as the inter-disciplinary and international collaboration deemed both urgent and necessary to tackle the climate crisis and other challenges of the Anthropocene. The future requires new ideas, high degrees of innovation at many levels where architects can make a difference (including very specific areas such as architectural engineering, digital fabrication, performance simulation and analysis, data analysis, material science, new construction systems, buildings circularity and sustainability, bio-based materials and so on). Innovation may come in formats we cannot even imagine. Only freedom will be able to unleash it and bloom.

THE TYRANNY OF THE DESIGN STUDIO

Design studios have always been at the centre of an Architecture programme. There are many reasons to support it as the central part of the programme, not because of its massive number of credits, but because everyone acknowledges its importance in teaching design methods and preparing an architect for practice. Both Rittel (1971) and Schön (1987)(1984) highlight the role of learning by doing. However, only a few students end up entering the Architecture practice. Many choose other paths, from territorial management to the construction industry, as well as education or consultancy. Another large percentage, find even less related jobs, or even not related at all. Some may create new jobs. The important argument to add to this paper, is that it might be unwise to

impose the design studio as mandatory. We should leave such decision to students – they will acknowledge appropriately the degree of its importance. Once they know the European Directive the chances are most of them will try to attend studios. Also, once we accept that students may choose to add credits above the minimum required that may already provide high degrees of customization to their curricula. But, if someone is not interested at all in the practice, imposing a fixed structure may only lead to frustration, possibly suffocating a latent innovative mind (perhaps a highly inventive mind) driving the student *out of creativity*. Once again, more freedom satisfies more people and fosters higher degrees of successful creativity.

This paper can only end with a set of obvious questions: why is it that Architecture schools in Portugal impose such straitjackets to Architecture students? Doesn't it defeat the purpose of teaching people to be creative? Why is it that FAUL's Architecture curricula is still analogue at the end of the first quarter of the XXI century? Chomsky would argue that such an education structure is under aristocratic thought. It is the time to change it into a democratic structure. An evidence of this lack of democratic structure becomes obvious when we think that evaluation in any of the referred courses is always a prerogative of professors and self-evaluation is not even discussed as a possible way of evaluating work. Flexibility is indeed missing, both in thought and structure.

DISCLAIMER

Despite the criticism put forward in this paper the author would like to underline that as conservative as the education at FAUL might be, the best students coming out of the Architecture Master level can usually find work successfully in Europe and sometimes even start a successful private practice. Furthermore, almost every year final students from FAUL are awarded Archiprix prizes, a fact that seems to validate the argument that at least something is possibly being done correctly, at least if professional competence is being evaluated.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to thank Nuno Montenegro, Jorge Mealha and João Paulouro das Neves for reading and commenting this paper. Their insights were fundamental.

BIBLIOGRAFIA E WEBLINKS

- "Aprendizagens Essenciais - Ensino Básico | Portugal. Direção-Geral Da Educação." n.d. Accessed January 23, 2024. <https://www.dge.mec.pt/aprendizagens-essenciais-ensino-basico>.
- AUTOR, David H. 2015. "Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation." *American Economic Association*, July. <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/109476>.
- BERMUDEZ, Julio. 2018. "The Future In Architectural Education," February.
- BRAUNGART, Michael, and McDONOUGH, William. 2009. *Cradle to Cradle*. Random House.
- CHOMSKY, Noam. 2003. *Chomsky on Democracy & Education*. Psychology Press.
- CROSS, Nigel. 2011. *Design Thinking: Understanding How Designers Think and Work*. Berg.

- "Ensino Secundário | Direção-Geral Da Educação." n.d. Accessed January 23, 2024. <https://www.dge.mec.pt/ensino-secundario>.
- "Estudar." n.d. Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa. Accessed January 23, 2024. <https://www.fa.ulisboa.pt/index.php/pt/>.
- FLORIDA, Richard. 2005. *Cities and the Creative Class*. Routledge.
- FLORIDA, Richard. 2014. *The Rise of the Creative Class—Revisited: Revised and Expanded*. Basic Books (AZ).
- GATES, Bill. 2021. *How to Avoid a Climate Disaster: The Solutions We Have and the Breakthroughs We Need*. Vintage. https://books.google.com/books?hl=pt-PT&lr=&id=pHK0DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT17&dq=How+to+Avoid+a+Climate+Disaster&ots=Kn70P3I926&sig=m8ur5ZcIOTzJ-UZrwLFr_dA8HL0.
- GLADWELL, Malcolm. 2006. "Blink: The Power of Thinking without Thinking."
- Lawson, Bryan. 2006. *How Designers Think: The Design Process Demystified*. Routledge.
- MEADOWS, Donella; RANDERS, Jorgen and MEADOWS, Dennis. 2004. *Limits to Growth: The 30-Year Update*. Chelsea Green Publishing.
- RITCHIE, Hannah. 2024. *Not the End of the World: How We Can Be the First Generation to Build a Sustainable Planet*. 1st edição. Chatto & Windus.
- RITTEL, Horst. 1971. "Some Principles for the Design of an Educational System for Design." *Journal of Architectural Education* 26 (1–2): 16–27. <https://doi.org/10.1080/10464883.1971.11102482>.
- RITTEL, Horst WJ. 1977. *On the Planning Crisis: Systems Analysis of the "First and Second Generations"*. Institut für Grundlagen der Planung IA, Universität Stuttgart Stuttgart, Germany. https://www.academia.edu/download/38898915/Rittel_Planning_Crisis_1972.pdf.
- ROBINSON, Sir Ken and ARONICA, Lou. 2016. *Creative Schools: The Grassroots Revolution That's Transforming Education*. Reprint edition. New York, New York: Penguin Books.
- RSA, dir. 2010. *RSA ANIMATE: Changing Education Paradigms*. <https://www.youtube.com/watch?v=zDZFcdGpL4U>.
- SCHON, Donald A. 1984. *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*. Vol. 5126. Basic books.
- SCHON, 1987. *Educating the Reflective Practitioner. Toward a New Design for Teaching and Learning in the Professions. The Jossey-Bass Higher Education Series*. ERIC.
- SIMON, Herbert A. 1996. *The Sciences of the Artificial*. MIT press.
- TED, dir. 2007. *Do Schools Kill Creativity? | Sir Ken Robinson | TED*. <https://www.youtube.com/watch?v=iG9CE55wbY>.
- TED, dir. 2023. *Are We the Last Generation — or the First Sustainable One? | Hannah Ritchie | TED*. <https://www.youtube.com/watch?v=Kl3VVrggKz4>.

**MELIK ZIYA YAKUT¹**

Isparta University of Applied Sciences

✉ ziyayakut@isparta.edu.tr | 0000-0003-4120-6016

PV INTEGRATION & MATERIAL SELECTION IN BUILDING DESIGN

INTEGRAÇÃO FOTOVOLTAICA E SELEÇÃO DE MATERIAIS NO PROJETO DE EDIFÍCIOS

10.34628/78GZ-K222

Abstract: The integration of photovoltaic (PV) systems into building architecture is increasingly central to sustainable energy strategies. This study examines the challenges that limit the full potential of PV integration, stressing the need for deeper research to overcome technical constraints and refine design principles. Material selection remains a key issue, with ongoing efforts to identify suitable PV absorbers through spectroscopic screening. Although current selection guidelines offer a foundation, further refinement is needed for more precise decision making. Building Integrated Photovoltaics (BIPV) stands out as a promising approach, embedding PV modules directly into construction elements such as roofs and facades, replacing conventional materials while enabling renewable electricity generation. Incorporating PV cells in early design phases highlights BIPV's role as a fundamental architectural component. Beyond energy production, PV integration supports sustainable material cycles, including recycling of end of life silicon panels. Applications in urban housing, where BIPV can offset the energy use of adjacent office spaces, illustrate its versatility. Overall, integrating PV systems into building design creates opportunities for renewable energy and sustainable materials. Progress in material selection, design optimization, and practical BIPV implementation is essential to unlock the full potential of PV technologies in the built environment. This research contributes by addressing key challenges and outlining pathways for effective PV integration.

Keywords: Photovoltaic systems | Building integration | Sustainable energy | Material selection | Building Integrated Photovoltaics (BIPV).

Resumo: A integração de sistemas fotovoltaicos (PV) na arquitetura é um tema central nas soluções energéticas sustentáveis. Este estudo analisa os desafios que limitam o pleno potencial da integração PV, destacando a necessidade de investigação para ultrapassar restrições técnicas e aperfeiçoar princípios de design. A seleção de materiais é crucial, com esforços para identificar absorvedores adequados através de triagem espectroscópica. Embora o princípio atual sirva de base, exige refinamento para orientar escolhas de forma mais precisa. A energia fotovoltaica integrada em edifícios (BIPV) surge como abordagem promissora, incorporando módulos PV em elementos como telhados e fachadas, substituindo materiais convencionais e permitindo geração renovável. Integrar células PV nas fases iniciais reforça o papel da BIPV no planeamento arquitetónico. Para além da produção elétrica, a integração PV contribui para a sustentabilidade através da reciclagem de painéis de silício em fim de vida. A aplicação da BIPV em habitação urbana, capaz de compensar o consumo energético de espaços adjacentes, demonstra a sua versatilidade. Conclui-se que integrar PV no projeto de edifícios cria oportunidades para energia renovável e materiais sustentáveis. Avanços na seleção de materiais, otimização do design e aplicação prática da BIPV são essenciais para desbloquear o seu potencial no ambiente construído. Esta investigação procura contribuir para esse desenvolvimento, abordando desafios críticos e clarificando caminhos para uma integração eficaz da tecnologia.

Palavras-chave: Sistemas fotovoltaicos | Integração em edifícios | Energia sustentável | Seleção de materiais | Fotovoltaicos integrados em edifícios (BIPV).



Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

Ouriginal Texto submetido à plataforma de deteção de similaridade e plágio OURIGINAL.

Os textos que constituem esta obra seguem, por decisão dos respetivos autores, a antiga ou a atual grafia.

O conteúdo desta obra é da exclusiva responsabilidade dos seus autores e não vincula a Fundação Minerva | Universidade Lusíada.

INTRODUCTION

The integration of photovoltaic (PV) systems into the architectural framework of buildings has emerged as a focal point in contemporary discourse on sustainable energy solutions. The versatile applications of PV integration within building structures span from serving as integral components of building envelope materials to actively contributing to electricity generation for the edifice. Nevertheless, the realization of the full potential of PV integration faces multifaceted challenges, ranging from concerns about the potential overheating of PV modules to the imperative task of selecting optimal PV integration design variants (Yin et al., 2023; Kosorić et al., 2021). These challenges underscore the pressing need for comprehensive research efforts to address technical constraints and refine design principles.

The selection of appropriate materials for PV integration stands out as a pivotal consideration, prompting ongoing research endeavors to identify potential PV absorbers through a first-principles spectroscopic screening of materials (Yu & Zunger, 2012). The existing selection principle, focusing on materials with a direct band gap of 1.3 eV, is recognized as a starting point, yet it necessitates further refinement to offer more nuanced guidance in the material selection process (Yu & Zunger, 2012). This research endeavors to contribute to the evolution of compelling design principles for the initial material screening, recognizing the inherent complexity in balancing material characteristics for optimal PV integration.

One of the most promising approaches to PV integration is embodied in Building Integrated Photovoltaics (BIPV), an amalgamation of electrical technology from PV solar panels with the very fabric of building construction. BIPV modules present a transformative opportunity for renewable electricity generation within the built environment, replacing conventional building materials like tiles and seamlessly integrating into various building elements such as roofs, facades, and transparent components (Arnaout et al., 2020; Moralejo-Vázquez et al., 2015). The prospect of incorporating PV cells into the early conceptual phases of building design further underscores the potential of BIPV as an integral component of the architectural planning process (Ibrahim et al., 2020).

Moreover, the scope of PV integration extends beyond its primary role in electricity generation. The innovative recycling of end-of-life silicon PV panels represents a sustainable solution for building materials and contributes to the development of pre-cast building components (Cerchier et al., 2021). The application of BIPV in urban housing, coupled with its potential to cover the net energy use of adjacent office rooms,

¹ Mechanical Engineer graduated by Süleyman Demirel University, where he also obtained a Master degree with the thesis "Theoretical and experimental investigation of heat exchangers working with refrigerant-air". His PhD, at Mühendislik Faculty of Süleyman Demirel University, verses about "Manufacture and design of a servo-controlled plastic injection machine". His academic career has been devoted to integrating technological expertise with multidisciplinary education. Assistant Professor at Isparta University of Applied Sciences, and invited Professor at T C

Istanbul Gedik University, both in Turkey. He was Director at Keçiörlü Vocational School of Isparta University of Applied Sciences and Senator of Isparta University of Applied Sciences. His research interests focus on renewable energy and new technologies, particularly Virtual Reality and Augmented Reality technology, utilizing Computer-Aided Engineering software for system modelling and optimization. He engages in multidisciplinary teamwork, and contributes actively to the Technologies of Architecture department of the CITAD research center at University Lusida in Lisbon.

demonstrates the versatility and adaptability of PV integration across diverse building types and contexts (Abdallah et al., 2012; Knera & Heim, 2016).

In conclusion, the integration of PV systems into the design of buildings opens a myriad of opportunities for renewable electricity generation and the development of sustainable building materials. Advancements in material selection, design optimization, and the practical application of BIPV in various building types and contexts are imperative to unlock the full potential of PV integration in building design. This research seeks to contribute to this evolving landscape by addressing critical challenges and elucidating pathways for the seamless incorporation of PV technology into the built environment.

EXPLORING THE INTEGRATION OF PHOTOVOLTAIC ENERGY IN BUILDING DESIGN

The integration of photovoltaic energy in building design has become increasingly important as the world seeks to transition towards more sustainable and renewable sources of energy. One of the key considerations in integrating photovoltaic energy into building design is the selection of appropriate materials. The materials used should not only be durable and weather-resistant but also allow for efficient energy generation. Additionally, the aesthetics of the building should also be considered to ensure that the integration of photovoltaic panels complements the overall architectural design. Furthermore, the orientation and placement of the photovoltaic panels on the building are critical factors that can impact their energy generation potential. Proper positioning to maximize exposure to sunlight and minimize shading is essential for optimal performance. Additionally, the electrical integration of the photovoltaic system into the building's infrastructure needs to be carefully planned to ensure seamless operation and energy distribution.

As the demand for sustainable building solutions continues to grow, the integration of photovoltaic energy into building design presents an exciting opportunity to create environmentally conscious and energy-efficient structures. For instance, studies have shown that proper positioning of photovoltaic panels to maximize exposure to sunlight and minimize shading is essential for optimal performance (Koo et al., 2017). Additionally, by carefully considering material selection, placement, and integration, architects and designers can contribute to the widespread adoption of renewable energy in the built environment. To further enhance the integration of photovoltaic energy into building design, architects and designers can also explore innovative approaches such as building-integrated photovoltaics and solar shingles. BIPV allows solar elements to be seamlessly integrated into the building envelope, serving both as a construction material and an energy generator. This approach offers a dual benefit of enhancing the aesthetics of the building while also maximizing energy generation.

In addition, the use of solar shingles, which are designed to resemble traditional roofing materials, provides a more discreet and visually appealing alternative to conventional photovoltaic panels. This innovation opens opportunities for incorporating solar energy systems in various architectural styles without compromising the overall design. As the industry continues to advance, the integration of photovoltaic energy in building design is poised to play a pivotal role in shaping the future of sustainable con-

struction. By leveraging innovative technologies and strategic design considerations, architects and designers can lead the way in creating environmentally responsible and energy-efficient buildings that harness the power of solar energy. In order to further promote the seamless integration of photovoltaic energy into building design, architects and designers should also consider the potential for energy storage systems. The incorporation of energy storage, such as batteries or other storage technologies, can enhance the overall efficiency of the building's energy system by allowing for the storage of excess energy generated during peak sunlight hours for use during low-light periods or high energy demand. Additionally, advancements in smart building technologies can be leveraged to optimize the performance of the integrated photovoltaic energy systems. Smart controls and monitoring systems can be implemented to maximize energy production, monitor system health, and provide real-time data for performance analysis and maintenance.

Furthermore, as the integration of photovoltaic energy systems becomes more prevalent, the consideration of life cycle assessment and environmental impact becomes increasingly important. Architects and designers should aim to select materials and systems with a focus on minimizing environmental footprint throughout the life cycle of the building. By embracing these innovative approaches and considering the broader impact of photovoltaic integration in building design, architects and designers can truly pave the way for sustainable, energy-efficient, and environmentally conscious structures. The integration of photovoltaic energy in building design presents a promising avenue for promoting sustainable construction and energy-efficient buildings. By carefully considering material selection, placement, and integration, architects and designers can contribute to the widespread adoption of renewable energy in the built environment. The exploration of innovative approaches such as building-integrated photovoltaics and solar shingles offers exciting opportunities to seamlessly integrate solar technology into architectural designs while enhancing the aesthetics of buildings. Moreover, the incorporation of energy storage systems and smart building technologies can further optimize the performance of integrated photovoltaic energy systems, promoting efficient energy production and consumption. As the industry continues to advance, it is essential for architects and designers to consider the broader impact of photovoltaic integration on the environment and embrace sustainable practices throughout the building's life cycle. By embracing these innovative approaches and considering the broader impact of photovoltaic integration in building design, architects and designers can truly pave the way for sustainable, energy-efficient, and environmentally conscious structures.

THE IMPORTANCE OF MATERIAL SELECTION FOR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

Understanding the critical aspects of material selection for photovoltaic (PV) systems is essential for architects and designers venturing into sustainable building practices. The efficiency, durability, and overall performance of PV panels hinge on the carefully chosen materials. Traditionally, silicon-based materials have been favored for their high efficiency and reliability (Benda, V., 2018). However, ongoing research explores alternatives like thin-film solar cells and organic photovoltaics, aiming for cost-

effective and lightweight options suitable for building integration (Miles, R., 2006). The materials used in the PV panels are integral, but equally important are the materials selected for mounting and support structures. These structures must withstand environmental exposure and ensure the stability of the solar array over time (Shimpi, T. et al., 2019). As technology advances, staying informed about the latest developments in PV materials is crucial for architects and designers. Collaboration with experienced engineers and suppliers helps gain insights into suitable materials and technologies for specific building projects, facilitating successful PV energy integration (Tawalbeh, M. et al., 2021). When selecting materials for PV systems, it is imperative to consider not only durability and energy generation efficiency but also environmental impact. Sustainable materials with a lower carbon footprint or recyclability are increasingly prioritized in modern building designs (Tawalbeh, M. et al., 2021).

Enhancing the sustainability of PV systems involves incorporating recycled or repurposed materials into the construction of panels and support structures. Additionally, considering the end-of-life disposal or recycling of PV materials helps minimize their impact on the environment (Jiang, T. and Yu, S., 2015). Continued exploration of PV energy integration requires architects and designers to stay updated on advancements in sustainable material technologies. Collaboration with experts in sustainable materials and renewable energy technologies aids in making informed decisions about material selection, contributing to the development of environmentally conscious building designs (Choudhury, I., 2016). By incorporating sustainable materials and staying informed about the latest developments in PV technology, architects and designers can enhance the overall sustainability and performance of a building's energy systems, thereby contributing to a more environmentally responsible built environment.

In addition to material selection, the strategic design and placement of PV systems play a crucial role in optimizing their effectiveness and efficiency. Architects and designers must consider the orientation and layout of the building to maximize solar exposure. Optimizing energy generation involves strategically positioning PV panels throughout the day, considering factors such as geographical location, solar azimuth, and potential shading. Placing solar panels strategically in areas with minimal shading and maximum sun exposure significantly increases the overall energy output (Serra, R., 2003).

Moreover, the architectural design should seamlessly integrate the structural components of PV systems without compromising aesthetic appeal. Careful coordination between design and engineering teams is necessary to incorporate solar elements into the building envelope, ensuring a cohesive and harmonious design language.

Considering the scalability of PV systems is vital to accommodate future energy needs. Designing the building with the flexibility to expand the solar array as energy demands grow can future-proof the energy infrastructure and contribute to long-term sustainability goals (Hestnes, G. A., 1999). As architects and designers delve into PV energy integration, close collaboration with solar energy experts, engineering firms, and stakeholders ensures that the design and placement of solar systems align with best practices and industry standards. By integrating effective design and strategic placement of PV systems, architects and designers can maximize energy generation, creating visually appealing and functional building designs that embrace sustainable

energy solutions. The integration of renewable energy, particularly photovoltaic systems, into building design holds tremendous potential for creating sustainable, energy-efficient, and environmentally conscious structures. Architects and designers play a pivotal role in this integration, and their contribution is essential for advancing the widespread adoption of renewable energy in the built environment. By embracing innovative approaches such as building-integrated photovoltaics, solar shingles, and the incorporation of energy storage systems, architects and designers can optimize the performance of integrated photovoltaic energy systems and promote efficient energy production and consumption. Additionally, the selection of materials for photovoltaic systems, the strategic placement of solar panels, and the consideration of scalability are crucial factors that architects and designers must carefully address.

The collaboration with experienced engineers, suppliers, and solar energy experts, as well as staying informed about the latest advancements in sustainable material technologies, is essential for making informed decisions and developing environmentally conscious building designs. Ultimately, by integrating effective design, strategic placement of photovoltaic systems, and embracing sustainable material technologies, architects and designers can maximize energy generation while creating visually appealing and functional building designs that contribute to a more environmentally responsible built environment.

OPTIMIZING BUILDING PERFORMANCE WITH SOLAR ENERGY

In addition to the design and placement of photovoltaic systems, optimizing building performance with solar energy involves the utilization of advanced technologies and smart strategies.

MAXIMIZING ENERGY EFFICIENCY

The integration of solar energy into building design surpasses the mere installation of solar panels. It encompasses the implementation of energy-efficient building materials, passive design strategies, and advanced HVAC systems to minimize overall energy consumption. By incorporating passive solar design principles like optimizing building orientation, window placement, and thermal mass, architects and designers can reduce reliance on artificial heating and cooling systems, thus enhancing the building's overall energy performance (Sadineni, B, S., Madala, S. and Boehm, F, R., 2011).

SMART BUILDING TECHNOLOGIES

The integration of smart building technologies further enhances the performance of solar energy systems. Automated controls, sensor-equipped lighting, and HVAC systems can work in tandem with photovoltaic energy systems to regulate energy usage based on real-time data and environmental conditions. This tailored approach not only optimizes energy utilization but also contributes to a more comfortable and sustainable indoor environment for building occupants (Lu, Y., Wang, S. and Shan, K., 2015).

ENERGY STORAGE AND GRID INTERACTION

Incorporating energy storage solutions such as batteries or other advanced storage technologies is crucial for maximizing the utilization of solar energy. These storage systems can store excess energy generated during periods of high sunlight and release it during times of low solar availability, ensuring a consistent and reliable power supply. Furthermore, establishing a connection to the grid allows for the efficient management of energy flows. Through net metering and smart grid integration, surplus energy produced by the photovoltaic system can be fed back into the grid, offsetting energy consumption during periods of lower solar generation. This bi-directional interaction with the grid contributes to the stability of the overall energy supply and supports the transition towards a more resilient and decentralized electrical grid (Lamnatou, C., Chemisana, D. and Cristofari, C., 2022).

PERFORMANCE MONITORING AND MAINTENANCE

Implementing a robust performance monitoring system is essential for the ongoing evaluation of the solar energy system's effectiveness. Real-time data analysis and remote monitoring enable proactive maintenance and troubleshooting, ensuring the long-term reliability and performance of the photovoltaic system (Lin, Q. et al., 2020). By continuously optimizing building performance with solar energy through the integration of advanced technologies and smart strategies, architects and designers can create environmentally conscious and energy-efficient buildings that contribute to a sustainable future.

INNOVATIONS IN BUILDING-INTEGRATED PHOTOVOLTAICS (BIPV)

Building-integrated photovoltaics signify a significant leap in the incorporation of solar energy into building design. Unlike conventional solar panels, BIPV systems seamlessly merge with the building envelope, acting both as an energy-generating element and a structural component. This groundbreaking approach not only maximizes energy generation but also enhances architectural aesthetics, simultaneously reducing the overall environmental footprint.

AESTHETICALLY INTEGRATED SOLAR SOLUTIONS

A major advantage of BIPV lies in its ability to harmonize solar technology with architectural design, offering a plethora of visually appealing options. Solar modules can seamlessly integrate into building facades, roofs, skylights, and shading structures, providing architects and designers with the flexibility to blend solar elements seamlessly into the overall design language. These integrated solutions contribute to the visual appeal of the building while harnessing solar energy to fulfill its power needs.

VERSATILITY AND CUSTOMIZATION

BIPV systems come in various forms, providing flexibility in design and customization to meet the specific requirements of different buildings. From transparent solar glazing to colored solar panels, BIPV introduces new possibilities for architects to incorporate solar technology without compromising the architectural vision. The versatility of BIPV allows for creative freedom in design while contributing to the building's energy self-sufficiency and sustainability goals.

SUSTAINABLE BUILDING MATERIALS

Incorporating BIPV aligns with the principles of sustainable construction by utilizing renewable energy sources and reducing reliance on non-renewable resources. The integration of BIPV can contribute to the building's overall sustainability by offsetting the use of conventional building materials and reducing the environmental impact associated with energy consumption.

PERFORMANCE, DURABILITY, AND LIFE CYCLE ASSESSMENT

Incorporating BIPV aligns with the principles of sustainable construction by utilizing renewable energy sources and reducing reliance on non-renewable resources. The integration of BIPV can contribute to the building's overall sustainability by offsetting the use of conventional building materials and reducing the environmental impact associated with energy consumption. In the pursuit of sustainable building design, conducting a life cycle assessment of BIPV systems is crucial to evaluate their environmental impact from production to disposal or recycling. By considering the entire life cycle of BIPV systems, architects and designers can make informed decisions to minimize their environmental footprint and maximize their long-term sustainability benefits. Integrating BIPV into building design represents a forward-thinking approach to sustainable architecture, providing a harmonious blend of energy generation, architectural aesthetics, and environmental responsibility. As you continue to explore the integration of BIPV into your building projects, staying updated on the latest advancements and best practices in BIPV technology will be essential to unlocking its full potential in creating sustainable, energy-efficient buildings. This comprehensive approach to BIPV integration will not only elevate the environmental performance of buildings but also contribute to a more sustainable and resilient built environment for the future.

SUSTAINABLE ARCHITECTURE: INCORPORATING PHOTOVOLTAIC ELEMENTS

In sustainable architecture, the integration of photovoltaic elements is a pivotal strategy, symbolizing a commitment to renewable energy and environmental responsibility.

SEAMLESS INTEGRATION OF FUNCTIONAL AND AESTHETIC PHOTOVOLTAIC ELEMENTS

Architects and designers play a crucial role in seamlessly incorporating photo-

voltaic elements into building designs. These elements, whether in the form of rooftop solar panels, solar canopies, or integrated shading devices, serve both functional and aesthetic purposes by providing renewable energy while enhancing the building's visual appeal. Incorporating photovoltaic elements into building design is a key strategy in sustainable architecture. These elements not only contribute to the building's energy efficiency but also serve as a visual representation of the commitment to renewable energy and environmental responsibility.

PERFORMANCE ENHANCEMENT AND VISUAL HARMONY

When integrating photovoltaic elements into building design, architects and designers could blend functionality with aesthetics. Whether through rooftop solar panels, solar canopies, or solar-integrated shading devices, these elements can serve multiple purposes by providing renewable energy while also offering shade and protection from the elements. Photovoltaic elements significantly enhance a building's overall performance by reducing reliance on traditional energy sources. This not only cuts operational costs but also minimizes the building's carbon footprint. Additionally, the creative integration of these elements contributes to the building's visual harmony, showcasing a balance between functionality and aesthetics. Architects and designers can creatively integrate photovoltaic elements into the building's design, adding to its visual appeal. Whether through custom-designed solar panels, innovative solar facade systems, or artistic solar installations, these elements can become focal points that showcase the building's commitment to sustainable design and renewable energy.

ENHANCING BUILDING PERFORMANCE

The inclusion of photovoltaic elements can significantly enhance a building's overall performance. By harnessing solar energy, these elements contribute to reducing reliance on traditional energy sources, thereby cutting operational costs, and minimizing the building's carbon footprint. The energy generated by the photovoltaic elements can power various building systems and support sustainable practices such as electric vehicle charging stations.

EDUCATIONAL IMPACT AND PUBLIC AWARENESS

Buildings featuring visible photovoltaic elements serve as educational tools, raising awareness about renewable energy and sustainability. By showcasing solar technology integration, these structures inspire public interest and advocate for the widespread adoption of renewable energy solutions in the built environment. Buildings with visible photovoltaic elements can serve as educational tools, raising awareness about renewable energy and sustainability. By showcasing the integration of solar technology, these buildings can inspire public interest and highlight the potential for widespread adoption of renewable energy solutions in the built environment.

COLLABORATIVE APPROACH WITH SOLAR TECHNOLOGY PROVIDERS

The successful integration of photovoltaic elements in building design necessitates collaboration with solar technology providers. Working closely with experts in solar energy solutions ensures the selection of the most suitable photovoltaic elements, seamlessly aligning with the overall architectural vision. By incorporating photovoltaic elements into building design, architects and designers contribute significantly to the creation of sustainable, energy-efficient buildings. This approach embodies a harmonious blend of technology, functionality, and environmental stewardship, setting a precedent for the seamless integration of renewable energy solutions into our built environment. By integrating photovoltaic elements into building design, architects and designers can make significant strides towards creating sustainable, energy-efficient buildings that embody a harmonious blend of technology, functionality, and environmental stewardship. This approach not only contributes to the reduction of greenhouse gas emissions but also sets a precedent for the integration of renewable energy solutions into the fabric of our built environment.

THE ROLE OF MATERIAL SCIENCE IN ENHANCING PHOTOVOLTAIC EFFICIENCY

Advancements in material science have played a pivotal role in boosting the efficiency and performance of photovoltaic (PV) elements. Continuous innovation and refinement of materials used in PV technology have resulted in significant improvements in converting solar energy into electricity.

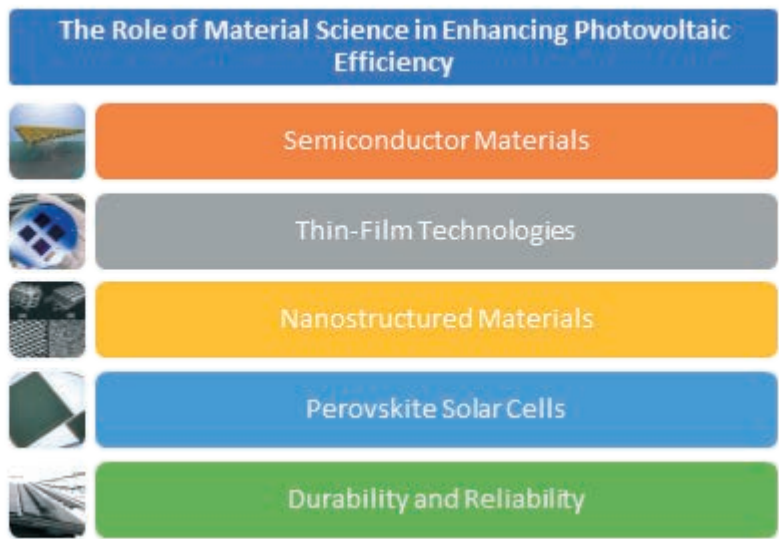


Figure 1. Factors influencing photovoltaic efficiency enhancement through material science

SEMICONDUCTOR MATERIALS

Semiconductor materials like silicon, cadmium telluride, and perovskite are fundamental to the functionality of photovoltaic elements. Ongoing research and development in material science have led to the discovery of new semiconductor materials and improvements in existing ones, thereby increasing the efficiency of PV cells and modules.

THIN-FILM TECHNOLOGIES

The development of thin-film PV technologies, utilizing layers of semiconductor materials significantly thinner than traditional silicon wafers, marks a milestone in material science advancements in the solar industry. Thin-film technologies offer benefits such as reduced material usage and enhanced flexibility, opening doors to innovative integration possibilities in building design.

NANOSTRUCTURED MATERIALS

The application of nanostructured materials in PV technology holds promise for further efficiency enhancements. The unique properties of nanostructured materials, such as enhanced light absorption and charge carrier transport, have the potential to revolutionize the performance of photovoltaic elements, making them more efficient and cost-effective.

PEROVSKITE SOLAR CELLS

Perovskite solar cells have emerged as a revolutionary advancement in PV technology, showcasing the potential for high efficiency and low-cost production. Material science research has been instrumental in overcoming stability and scalability challenges associated with perovskite materials, bringing them closer to commercial viability for widespread integration in building design.

DURABILITY AND RELIABILITY

Material science also addresses the durability and reliability of PV elements, ensuring they maintain performance over extended periods. Through the development of weather-resistant and long-lasting materials, the longevity of photovoltaic systems is enhanced, contributing to their sustainability and economic viability. As material science continues to drive innovation in the field of photovoltaics, architects and designers can anticipate further advancements that will expand the possibilities for integrating efficient and aesthetically appealing PV elements into sustainable building design. Staying informed about the latest breakthroughs in material science and collaborating with experts in the field will be essential in leveraging these advancements to create buildings that exemplify the pinnacle of photovoltaic technology.

DESIGN PRINCIPLES FOR PHOTOVOLTAIC INTEGRATION IN MODERN CONSTRUCTION

Incorporating photovoltaic elements into modern construction demands a thoughtful approach that harmonizes functionality with architectural aesthetics. The following design principles guide architects and designers in seamlessly integrating solar technologies while ensuring sustainability, energy efficiency, and visual coherence:



Figure 2. Design principles influencing photovoltaic integration in modern construction

SOLAR POTENTIAL AND SITE ANALYSIS

Prior to integrating photovoltaic elements, a thorough site analysis is indispensable. Solar access, shading considerations, and building orientation are pivotal factors influencing photovoltaic system efficiency. Employing advanced solar modeling techniques provides valuable insights for optimal placement and sizing of PV elements.

ARCHITECTURAL HARMONY AND AESTHETIC INTEGRATION

Balancing the functional benefits of photovoltaic elements with architectural aesthetics requires a nuanced approach. Designers should explore creative integration methods, such as collaborating with artists, using custom-designed PV modules, or incorporating solar elements into building facades in visually compelling ways.

MODULARITY AND SCALABILITY

Designing with modularity and scalability in mind facilitates flexibility in adapting to varying energy demands and building configurations. Incorporating modular PV components allows for system expansion as energy needs evolve, aligning with sustainable design principles.

LIFECYCLE ANALYSIS AND MATERIAL SELECTION

Considering the lifecycle environmental impact of photovoltaic elements is essential in the design process. Architects and designers should assess the embodied energy of materials, their recyclability, and the potential for reusing or repurposing PV components at the end of their operational life. Opting for sustainable and responsibly sourced materials contributes to the overall environmental performance of the building and aligns with principles of circular economy and resource conservation.

BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAICS

Exploring the possibilities of Building Integrated Photovoltaics presents an innovative approach to seamlessly incorporate solar technologies into the architectural elements of a building. BIPV systems can take various forms, including photovoltaic glazing, solar roofing tiles, or solar-integrated shading devices. Embracing BIPV not only enhances the energy-producing potential of the building but also transforms conventional building surfaces into active contributors to sustainable energy generation.

USER ENGAGEMENT AND INTERACTIVE DESIGN

Integrating user engagement into the design of photovoltaic elements fosters a sense of connection and awareness regarding sustainable practices. Designers can incorporate interactive features such as real-time energy production displays, educational signage about solar technologies, or integrated public spaces that showcase the functionality of PV elements. By creating opportunities for user interaction, the building design conveys the message of sustainability while promoting a deeper understanding of renewable energy concepts.

REGULATORY COMPLIANCE AND PERFORMANCE ASSURANCE

Adhering to building codes and regulations related to photovoltaic integration ensures safety, performance, and compliance. Collaboration with solar technology providers and industry experts helps navigate regulatory requirements, optimizing photovoltaic performance within applicable standards. Implementing these design principles is crucial for realizing buildings that prioritize sustainable energy generation, architectural excellence, and environmental responsibility. A holistic approach, encompassing technical innovation, design ingenuity, and user-centered experiences, allows architects and designers to redefine the relationship between buildings and

renewable energy, shaping a future where sustainable design seamlessly integrates into our built environment.

CONCLUSION

In conclusion, the integration of photovoltaic elements into the built environment stands as a transformative opportunity to propel sustainable design and foster widespread adoption of renewable energy. Architects and designers, through meticulous considerations such as lifecycle analysis, material selection, building-integrated photovoltaics, user engagement, interactive design, and regulatory compliance, hold the key to crafting environmentally responsible and energy-efficient buildings.

Despite challenges like structural integration, interconnection complexities, maintenance, regulatory hurdles, and system integration, collaborative efforts, innovation, and adherence to regulations are pivotal in unlocking the full potential of photovoltaic systems in modern construction. The advantages of integrating photovoltaic elements in modern construction are manifold. Beyond substantially reducing greenhouse gas emissions and mitigating the environmental impact of conventional energy sources, these integrated systems contribute to a sustainable future for urban landscapes. Buildings equipped with photovoltaic systems can alleviate their dependence on grid-supplied electricity, enhancing energy independence and stability during grid disruptions. The long-term cost savings on electricity bills post-installation, coupled with the potential for job creation and economic growth in the renewable energy sector, make photovoltaic integration a compelling choice. Moreover, the innovative and aesthetically pleasing design possibilities arising from solar element integration enhance the visual appeal of structures and contribute to sustainable urban aesthetics. Anticipated advancements in photovoltaic technologies, encompassing enhanced efficiency, increased durability, and reduced material costs, will further bolster the feasibility and attractiveness of photovoltaic integration in buildings. The incorporation of energy storage systems, coupled with smart grid technologies, promises optimized grid integration and superior energy management solutions.

The future prospect of urban energy microgrids, fostering interconnected buildings sharing renewable energy resources, holds immense potential for establishing localized, resilient energy networks within cities. Sustained governmental support through policies, incentives, and streamlined permitting processes is expected to expedite the integration of photovoltaic elements in building design. As the photovoltaic industry evolves, the seamless integration of photovoltaic elements in modern construction will play a pivotal role in shaping a more environmentally conscious and resilient urban landscape. Architects, designers, and industry professionals, by recognizing the advantages and future potential of photovoltaic integration, can actively contribute to the widespread adoption of sustainable energy practices in the built environment.

Ultimately, the positive environmental impact of photovoltaic systems in urban design contributes significantly to reducing greenhouse gas emissions, enhancing energy independence, and fostering a sustainable future for our built environment. As the industry continues to innovate and evolve, the seamless integration of solar technologies will be a driving force in creating an environmentally conscious and resilient urban landscape.

References

- ABDALLAH, Z.; ELHASSAN, M.; ZAIN, M., & SOPIAN, K. (2012). Building integrated photovoltaics (bipv) module in urban housing in khartoum: concept and design considerations. *International Journal of the Physical Sciences*, 7(3). <https://doi.org/10.5897/ijps11.257>
- ARNAOUT, M.; GO, Y., & SAQAFF, A. (2020). Pilot study on building-integrated pv: technical assessment and economic analysis. *International Journal of Energy Research*, 44(12), 9538-9559. <https://doi.org/10.1002/er.5204>
- BENDA, V. (2018) "Crystalline Silicon Solar Cell and Module Technology," Elsevier eBooks, p. 181-213. Available at: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811479-7.00009-9>.
- CHOUDHURY, I. (2016) "Renewable and Sustainable Materials," Elsevier eBooks. Available at: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803581-8.04095-9>.
- CERCHIER, P.; BRUNELLI, K.; PEZZATO, L.; AUDOIN, C.; RAKOTONIAINA, J., SESSA, T.; ... & DABALÀ, M. (2021). Innovative recycling of end of life silicon pv panels: resielp. *Detritus*, (16), 41-47. <https://doi.org/10.31025/2611-4135/2021.15118>
- HESTNES, G., A. (1999) "Building Integration Of Solar Energy Systems," *Solar Energy*, 67(4-6), p. 181-187. Available at: [https://doi.org/10.1016/s0038-092x\(00\)00065-7](https://doi.org/10.1016/s0038-092x(00)00065-7).
- IBRAHIM, A.; ALI, H., & ALQARRA, W. (2020). The effect of installed photovoltaic panels on the aesthetic perception and evaluation of the mosque architectural form in jordan. *Open House International*, 45(4), 449-463. <https://doi.org/10.1108/ohi-07-2020-0085>
- JIANG, T. and YU, S. (2015) "Review on feasible recycling pathways and technologies of solar photovoltaic modules," *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 141, p. 108-124. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2015.05.005>.
- KOO, C. et al. (2017) "Development of the smart photovoltaic system blind and its impact on net-zero energy solar buildings using technical-economic-political analyses," *Energy*, 124, p. 382-396. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.02.088>.
- KNERA, D. and HEIM, D. (2016). Application of a bipv to cover net energy use of the adjacent office room. *Management of Environmental Quality an International Journal*, 27(6), 649-662. <https://doi.org/10.1108/meq-05-2015-0104>
- KOSORIĆ, V.; LAU, S.; TABLADA, A.; BIERI, M., & NOBRE, A. (2021). A holistic strategy for successful photovoltaic (pv) implementation into singapore's built environment. *Sustainability*, 13(11), 6452. <https://doi.org/10.3390/su13116452>
- LAMNATOU, C.; CHEMISANA, D. and CRISTOFARI, C. (2022) "Smart grids and smart technologies in relation to photovoltaics, storage systems, buildings and the environment," *Renewable Energy*, 185, p. 1376-1391. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.11.019>.
- LIN, Q. et al. (2020) "Design and experiment of a sun-powered smart building envelope with automatic control," *Energy and Buildings*, 223, p. 110173-110173. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110173>.
- LU, Y.; WANG, S. and SHAN, K. (2015) "Design optimization and optimal control of grid-connected and standalone nearly/net zero energy buildings," *Applied Energy*, 155, p. 463-477. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.06.007>.
- MILES, R. (2006) "Photovoltaic solar cells: Choice of materials and production methods," *Vacuum*, 80(10), p. 1090-1097. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2006.01.006>.
- MORALEJO-VÁZQUEZ, F.; MARTÍN-CHIVLET, N.; OLIVIERI, L., & CAAMAÑO-MARTÍN, E. (2015). Luminous and solar characterization of pv modules for building integration. *Energy and Buildings*, 103, 326-337. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.06.067>
- SADINENI, B., S.; MADALA, S. and BOEHM, F., R. (2011) "Passive building energy savings: A review of building envelope components," *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 15(8), p. 3617-3631. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.014>.

- SERRA, R. (2003) "Architectural Integration of Solar Cells," Elsevier eBooks, p. 725-748. Available at: <https://doi.org/10.1016/b978-185617390-2/50031-3>.
- SHIMPI, T. et al. (2019) "Materials selection investigation for thin film photovoltaic module encapsulation," *Solar Energy*, 187, p. 226-232. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.04.095>.
- THAIB, R. and RIZAL, T. (2021). Experimental study of the use of phase change materials as cooling media on photovoltaic panels. *European Journal of Engineering and Technology Research*, 6(3), 22-26. <https://doi.org/10.24018/ejers.2021.6.3.2405>
- TAWALBEH, M. et al. (2021) "Environmental impacts of solar photovoltaic systems: A critical review of recent progress and future outlook," *Science of The Total Environment*, 759, p. 143528-143528. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143528>.
- YIN, Z.; ZHANG, T.; YANG, F., & SHI, Z. (2023). Ventilation and heat dissipation analysis of photovoltaic roof. *Journal of Physics Conference Series*, 2534(1), 012001. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2534/1/012001>
- YU, L. and ZUNGER, A. (2012). Identification of potential photovoltaic absorbers based on first-principles spectroscopic screening of materials. *Physical Review Letters*, 108(6). <https://doi.org/10.1103/physrevlett.108.068701>

PEER REVIEWED PAPERS









ALBERTO REAES PINTO¹

CITAD – Universidade Lusíada, Lisboa

reaespinto@lis.ulusiada.pt | [ib 0000-0002-0907-7595](https://orcid.org/0000-0002-0907-7595)



MARLENE CANUDO URBANO²

CITAD – Universidade Lusíada, Lisboa

marlene.urbano@gmail.com | [ib 0000-0002-9180-1553](https://orcid.org/0000-0002-9180-1553)



CARLOS OLIVEIRA AUGUSTO³

CITAD – Universidade Lusíada, Lisboa

carlosoliveira.7@gmail.com | [ib 0000-0002-0187-256X](https://orcid.org/0000-0002-0187-256X)

INVESTIGAÇÃO NO ÂMBITO DA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL SOBRE BIOMATERIAIS E RESÍDUOS APLICÁVEIS EM PAREDES EXTERIORES DE EDIFÍCIOS

RESEARCH IN THE FIELD OF SUSTAINABLE CONSTRUCTION ON BIOMATERIALS AND WASTE APPLICABLE TO EXTERIOR WALLS OF BUILDINGS

[doi 10.34628/NCGF-3W10](https://doi.org/10.34628/NCGF-3W10)

Resumo: Este trabalho apresenta o desenvolvimento de investigação em construção sustentável e circular, focada em elementos para paredes exteriores de edifícios modulares de pequena e média dimensão em regiões de baixa densidade, com potencial para fixar população jovem. Estudam-se blocos de encaixe de baixo carbono e painéis modulares pré-fabricados que incorporam materiais renováveis e de baixo impacto ambiental, preferencialmente locais, como madeira, palha, cortiça, fibras de cânhamo e coco, bagaço de azeitona, casca de arroz, caruma de pinheiro ou lã de ovelha. Desenvolvem-se também módulos pré-fabricados baseados em fungos de crescimento rápido, integrando resíduos como substrato. Procuram-se materiais com baixa energia incorporada, boa eficiência energética, desempenho hidrotérmico e acústico e fácil reciclagem e reutilização, enquadrando-se num sistema de produção e consumo circular. Consideram-se ainda a desconstrução e o desmantelamento seletivo no fim de vida dos edifícios, prolongando o uso dos materiais e gerando produtos não extrativos.

Palavras-chave: Habitação | Construção sustentável | Biomateriais | Desconstrução | Construção circular.

Abstract: This paper presents ongoing research in sustainable and circular construction, focusing on construction elements for exterior walls of small and medium modular housing in low density regions, helping retain younger populations and support local development. The study explores low carbon interlocking blocks and prefabricated modular panels that use renewable, low impact, preferably local materials such as wood, straw, cork, hemp and coconut fibers, olive pomace, rice husks, pine needles and sheep's wool. Recent work includes prefabricated modules based on fast growing fungi, using different waste streams as substrate. The goal is to obtain materials with low embodied fossil energy, high energy efficiency, good hygrothermal and acoustic performance, and easy recycling and reuse, within a circular production and consumption system, including selective deconstruction and dismantling at end of life to enable material reuse and non extractive products.

Keywords: Housing | Sustainable construction | Biomaterials | Deconstruction | Circular construction.



Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

Ouriginal Texto submetido à plataforma de deteção de similaridade e plágio OURIGINAL.

Os textos que constituem esta obra seguem, por decisão dos respetivos autores, a antiga ou a atual grafia.

O conteúdo desta obra é da exclusiva responsabilidade dos seus autores e não vincula a Fundação Minerva | Universidade Lusíada.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho de investigação diz respeito a uma Habitação Modular Evolutiva no contexto atual, de zonas do interior de Portugal que estão a ser progressivamente desertificadas pelo êxodo das suas populações para outros locais com melhores estilos condições de vida, pela não utilização ou esgotamento dos seus recursos naturais, sem que sejam capazes de criar dinâmicas próprias que possam atrair a sua população. É necessário desenvolver condições que conduzam ao bem-estar das populações, o que passa por mais oportunidades em matéria de habitação e de melhores oportunidades de trabalho. Foca-se, também, a importância das paredes exteriores (pré-fabricadas) de edifícios de habitação, que desempenham uma função muito importante, na proteção do espaço interior utilizado, relativamente à agressão dos agentes exteriores, climáticos e outros. A sua conceção, desenho e tecnologia de construção, entendidos no sentido da qualidade holística, devem ter presentes vetores fundamentais tais como, o conforto higrotérmico e acústico, a saúde dos utilizadores, a poupança de energia e a utilização de energias renováveis, a redução de falhas e dos custos de manutenção, o aumento da qualidade e do ciclo de vida dos edifícios. Ainda, numa ótica de construção sustentável, se devem considerar a reutilização e a reciclagem dos materiais, que constituem essas envolventes, visando a redução da exploração dos recursos naturais e a produção de novos materiais, não extraíveis, no âmbito de uma produção circular.

¹ Professor Catedrático da Faculdade de Arquitetura e Artes (FAA) da Universidade Lusíada (UL). Doutor em Arquitetura pela Universidade de Salford-UK. É Diretor do aTerritório, Arquitetura e Design, da UL. Diretor da FAA da ULL, 2009-2012. Membro do Conselho Geral da Academia de Escolas de Arquitetura e Urbanismo de Língua Portuguesa, 2011-2013. Administrador de empresas e iniciou a atividade empresarial privada em 1964 na empresa de construção civil ICESA, com cargos de Direção e de Administração (1964-1989) e especializou-se em pré-fabricação na Société Fiorio, Limoux, França, 1964-1967. Projetista e responsável pela produção de grande parte dos cerca de 10.000 fogos, construídos em prefabricação pesada, na área da Grande Lisboa, nomeadamente da realização de Santo António dos Cavaleiros. Eleito Presidente do Conselho Regional de Delegados do Sul da Ordem dos Arquitetos, 1999-2001. Eleito Presidente pela Academia Nacional de Belas-Artes em 2023.

² Architecta Doutoranda, a frequentar o curso de Doutoramento em Arquitetura, na Faculdade de Arquitetura e Artes da Universidade Lusíada de Lisboa, com o tema "Habitação Modular Pré-fabricada". Bolseira de Investigação no CITAD – Centro de Investigação em Território, Arquitetura e Design (ULL), na área das Tecnologias da Arquitetura, cujos termos mais frequentes na contextualização da produção científica, tecnológica e artístico-cultural são: Habitação, Paredes Exteriores, Tecnologias da Aplicação, Materiais, Construção Sustentável e Pré-fabricação. Em 2021 concluiu o Mestrado

Integrado em Arquitetura pela Faculdade de Arquitetura e Artes da Universidade Lusíada de Lisboa. Concluiu, em 2001, a Licenciatura em Arquitetura de Design pela Faculdade de Arquitetura da Universidade Técnica de Lisboa. Colaborou em diversos projetos de Arquitetura, Arquitetura de Interiores e Design. Formação e experiência profissional na área dos materiais de construção.

³ Bacharel e licenciado em engenharia civil (ISEL), licenciado em gestão de empresas (Atlântico Business School), pós-graduado do Programa Avançado em Empreendedorismo e Gestão da Inovação (PAEGI – Católica Lisbon School of Business & Economics), mestre em Planeamento e Construção Sustentável, PhD em Arquitetura (Universidade Lusíada de Lisboa). Com vasta experiência profissional como quadro de empresas industriais do setor da construção, desenvolveu, também, desde 2007 até ao presente, atividade de Investigador-colaborador no CITAD. Além da atividade de formação e consultoria, exerce paralelamente atividade como docente e palestrante convidado em instituições de ensino superior, bem como em conferências e congressos, nacionais e internacionais, da área da construção sustentável e circular, com enfoque na utilização de materiais renováveis. No âmbito do Global Compact Network Portugal, é embaixador de âmbito nacional da Aliança Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) Portugal para a ODS 9 - Indústria, Inovação e Infraestruturas.

Nesta sequência, refere-se uma investigação que tem vindo a ser desenvolvida no âmbito da Construção Sustentável (e Construção Circular) sobre elementos construtivos, principalmente para as paredes exteriores de edifícios de habitação de pequena e média dimensão em áreas de baixa densidade. Edifícios de habitação que podem desempenhar um papel fundamental de ancoragem, especialmente para uma população mais jovem, contribuindo assim para o desenvolvimento dessas regiões e para a sustentabilidade do local. Os elementos construtivos desenvolvidos nesta investigação foram, inicialmente, blocos de encaixe de baixo carbono e painéis modulares pré-fabricados, incorporando materiais renováveis, biomateriais de baixo impacto ambiental, preferencialmente de origem local. Materiais como a madeira, a palha, a cortiça, ou outros materiais como as fibras de cânhamo e de coco, o bagaço de azeitona, a casca de arroz, a madeira de pinho ou a lã de ovelha. No desenvolvimento deste trabalho, estamos a realizar uma investigação sobre módulos de construção pré-fabricados utilizando, como material de enchimento, compósito de micélio de fungos e resíduos de várias origens com funções de substrato.

São materiais com baixos níveis de energia fóssil incorporada na sua exploração, fabrico e transporte, que têm elevada eficiência energética, bom desempenho em termos de conforto higrotérmico e acústico, e que são facilmente recicláveis e reutilizáveis. Neste sentido, e dado que os recursos materiais naturais do planeta são finitos, esta investigação considera também a desconstrução e o desmantelamento seletivo no final do ciclo de vida de um edifício, o que permite reutilizar e reciclar os materiais que o constituem, prolongando a sua vida útil, integrando-os num processo de construção circular, dão origem a materiais não extrativos.

Neste contexto, consideram-se viáveis soluções que visem uma habitação unifamiliar evolutiva e flexível, em zonas de baixa densidade populacional, mesmo em terrenos familiares, com casas maiores e mais baratas, relativamente próximas dos locais de trabalho ou no mesmo sítio.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. HABITAÇÃO MODULAR EVOLUTIVA [HME]

Esta Habitação Modular Evolutiva, sustentável e polivalente, é também dirigida a uma população de baixos rendimentos em zonas de baixa densidade, com tendência para a desertificação, podendo funcionar como uma âncora de fixação dos seus jovens habitantes.

É também necessário criar melhores condições para a criação de emprego ou/e condições que permitam estabelecer pequenas empresas, na indústria ou mesmo numa agricultura local mais desenvolvida, de pequena escala, bem como encontrar outras atividades inovadoras e criativas, incluindo as relacionadas com a cultura, que possam reter as gerações mais jovens. Para inverter esta situação, a habitação é vista como um fator fundamental de apoio necessário ao desenvolvimento e fixação das

populações no interior do país.

Há já sinais de procura de habitação nas periferias das cidades de média dimensão, nas periferias das zonas rurais ou mesmo nas zonas rurais, onde as pessoas se sentem mais confortáveis, longe das grandes cidades e onde uma rede de contactos acessível lhes permitem trabalhar e viver melhor.

Esta habitação pode crescer ao longo do tempo, segundo as condições económicas e o crescimento das famílias de acordo com os princípios da construção sustentável, permitindo formas inovadoras de construção e até a autoconstrução e autoacabamento. A utilização de energias renováveis, a eficiência energética e os materiais sustentáveis, preferencialmente materiais locais e integráveis numa economia circular, são fundamentais para a sustentabilidade dos edifícios e do contexto local.

Esta unidade habitacional é constituída por dois módulos que podem ser ligados em paralelo ou em forma de L (Ilustração 1):

- O Módulo A, para funções diurnas, de tipologia T0 e o Módulo B, em expansão, inicialmente de tipologia T1, com funções noturnas;
- Módulo B, em crescimento, com uma tipologia inicial de T1 e funções noturnas. A tipologia deste módulo pode crescer a partir de um T1 e evoluir para uma tipologia com mais quartos.

MÓDULOS

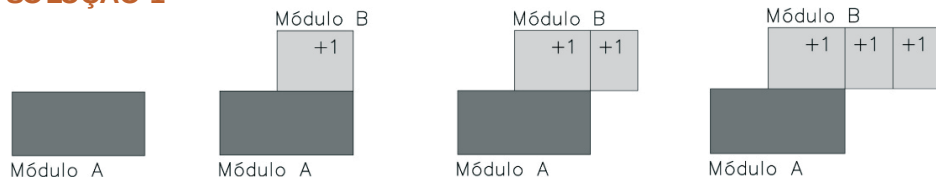


Módulo A



Módulo B

SOLUÇÃO 1



SOLUÇÃO 2

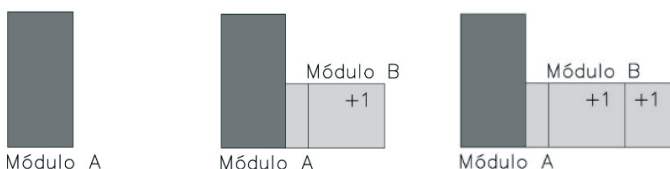


Ilustração 1 – Soluções de crescimento das unidades habitacionais, Reaes Pinto.

A construção desta habitação pode, assim, começar no 1º módulo e aumentar posteriormente, de acordo com as possibilidades económicas e o crescimento de uma determinada família (Ilustração 2).



Ilustração 2 – Algumas tipologias de HME referentes às soluções 1 e 2, Reaes Pinto.

A casa integra painéis fotovoltaicos na cobertura que garantem a sua autossuficiência energética, e a água da chuva pode ser recolhida numa cisterna para usos não potáveis. Está prevista uma pequena instalação de compostagem (Ilustração 3).

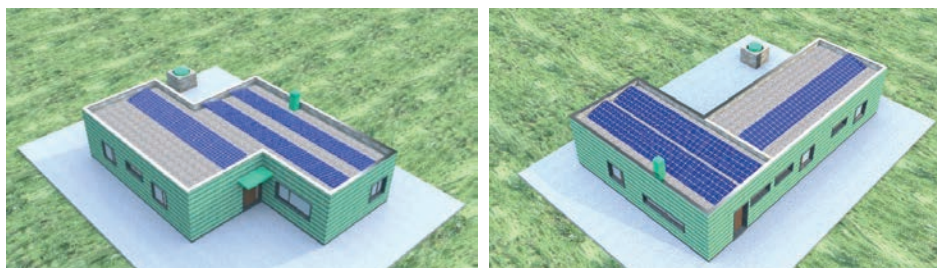


Ilustração 3 –HME com painéis fotovoltaicos na cobertura e captação de águas pluviais para cisterna, Reaes Pinto.

Os materiais utilizados para a construção desta habitação unifamiliar, são renováveis, preferencialmente locais, com baixa energia incorporada, não poluentes em termos de emissões tóxicas ou resíduos, recicláveis e reutilizáveis, com uma característica comum, que é o facto de atuarem como sequestradores de dióxido de carbono, tornando-se aliados na mitigação dos efeitos das alterações climáticas antropogénicas, ao contrário dos produtos convencionais (Reaes Pinto, 2018). Neles se incluem a madeira e seus derivados, a palha e a cortiça, mas também podem ser incluídos a lã de rocha, o cânhamo, as fibras de coco, o linho, materiais maioritariamente de origem vegetal, provenientes de florestas ou de culturas de rotação para fins não alimentares, tendencialmente abundantes e geradores de riqueza local.

2.2. BLOCOS DE ENCAIXE DE BAIXO CARBONO PARA PAREDES EXTERIORES

A conceção e o desenho destes blocos tiveram como objetivo a obtenção de uma elevada produtividade, no que diz respeito à sua dimensão (500 mm de comprimento, 200 mm de altura e 300 mm de largura), também pelo seu peso (leveza dos materiais), pelo seu sistema de travamento (que facilita o alinhamento dos blocos na construção e o reforço da parede exterior), pela economia da argamassa de assentamento (colocada apenas perifericamente em ambas as faces do bloco, anulando a transmissão higrotérmica através da argamassa) e também pela possibilidade de construção das paredes sem utilização de argamassa entre os blocos (que podem ser armados em determinados pontos) (Reaes Pinto, 2018) (Ilustração 4).

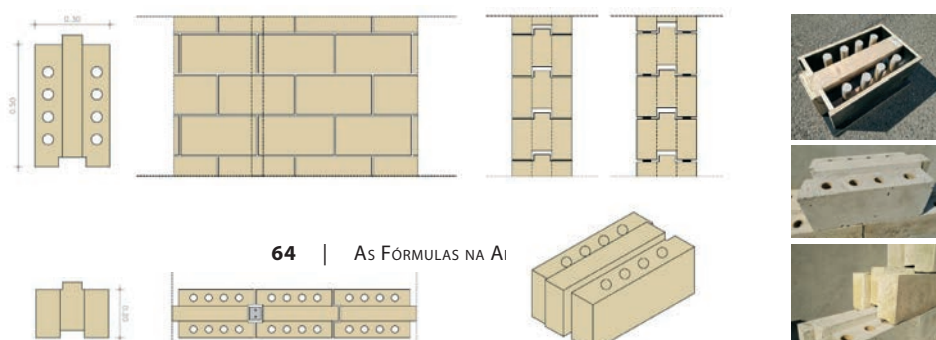


Ilustração 4 – Blocos de encaixe de baixo carbono para paredes exteriores, Reaes Pinto.

Os blocos utilizados na construção das paredes exteriores, são feitos de materiais locais, com um elevado nível de isolamento térmico, como o cânhamo, a cortiça, a fibra de coco, mas também de outros materiais como o bagaço de azeitona, a casca de arroz, e todos têm a cal como aglutinante (Ilustração 5).



Ilustração 5 – Fases de execução dos blocos de encaixe, Reaes Pinto.

Quanto às paredes interiores desta habitação, prevê-se que possam ser executadas numa carpintaria local e são constituídas por uma estrutura de módulos de madeira de pinho, fixados mecanicamente uns aos outros. O preenchimento da estrutura dos módulos é feito com cortiça ou lã de rocha, sendo acabados em ambos os lados, com placas de gesso cartonado (Ilustração 6).



1. Placa de compósito de gesso antifogo e de cortiça ou lã de rocha com uma espessura de 32,5 mm
2. Enchimento de cortiça ou de lã de rocha com espessura de 80 mm
3. Estrutura de madeira
4. Placa de gesso cartonado de 15 mm de espessura

Ilustração 6 – Constituição das paredes interiores, Reaes Pinto.

Os revestimentos das paredes exteriores de parede, de várias tipologias (Ilustração 7), são previamente construídos fora da obra (pré-fabricados) e fixados mecanicamente, a seco, ao suporte rígido, no sentido de uma aplicação com elevada produtividade de assentamento e redução de resíduos em obra.

O objetivo é que sejam reutilizáveis ou recicláveis no final do ciclo de vida do edifício, reduzindo assim os impactos ambientais negativos da sua exploração e fabrico e permitindo a sua inclusão numa economia circular.

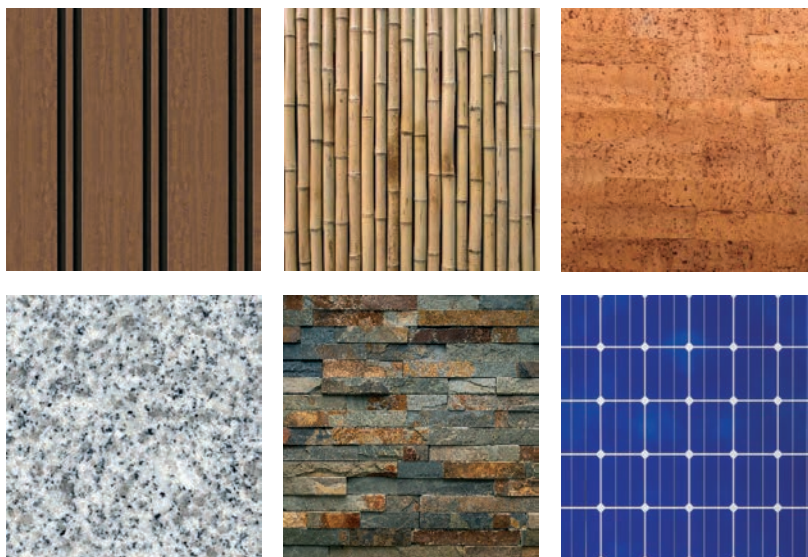


Ilustração 7 – Acabamentos das paredes exteriores: painel de régua de madeira, painel de bambu ou cana, painel de cortiça, painel de composto de pedra, painel de pedra reutilizada e painéis fotovoltaicos, Reaes Pinto.

HME: tipologias de agrupamento dos módulos (Ilustração 8).



Ilustração 8 – HME: acabamentos exteriores: telha cerâmica plana, painel de régua de madeira, painel de resíduos de pedra, painel de cortiça e painel de bambu ou cana, Reaes Pinto.

2.3. MÓDULO DE PAREDE EXTERIOR PRÉ-FABRICADO

Considerou-se que a utilização da pré-fabricação, parcial, ligeira e pouco mecanizada, que estes painéis representam, apresenta vantagens consideráveis, nomeadamente, em comparação com a construção tradicional/convencional, em termos de tempos de execução em obra, da redução de mão de obra especializada, da redução de resíduos nas frentes de trabalho e de custos, obtendo-se assim uma solução com melhor desempenho ambiental. Também é significativo o facto de os componentes pré-fabricados, ligados a seco, poderem ser reutilizados ou reciclados no final do ciclo de vida dos edifícios (Reaes Pinto, 2018).

Este sistema de painéis modulares pré-fabricados, foi criado, essencialmente, para paredes exteriores de edifícios de pequena e média dimensão e utiliza materiais renováveis, com baixo impacto ambiental, como a madeira, a palha e a cortiça (Ilustração 9) ou outros materiais, como o cânhamo e as fibras de coco. Materiais com baixa energia fóssil incorporada na sua extração, e fabrico, com bom isolamento térmico e acústico e facilmente recicláveis e reutilizáveis (Reaes Pinto e Dias, 2018, p. 28).



Ilustração 9 – Painéis modulares pré-fabricados com palha e cortiça, Reaes Pinto.**2.4. ESTADO DA ARTE DA CONSTRUÇÃO COM FARDOS DE PALHA**

Ao longo dos milénios a palha tem sido um dos materiais mais utilizados na construção de Edifícios, usada, inicialmente, nas argamassas de terra para estabilizar rebocos, para estruturar tijolos de tabique adobes e presente nos telhados de colmo. Embora, neste último caso, a palha possa apresentar fragilidade aparente, usada com a aplicação e manutenção corretas, dá origem a soluções com alta durabilidade e eficiência energética.

A construção, com recurso à palha, utilizada sob a forma de fardos de palha tem ganho expressão nos últimos anos, contribuindo para a busca de soluções mais ecológicas, com elevada eficiência energética, respondendo positivamente a nível de conforto no interior dos edifícios.

Este material de construção inspirou este projeto de investigação, no sentido de desenvolver um sistema que combina elevada eficiência energética, com baixo impacto ambiental e com a elevada durabilidade, características, aliás, já comprovadas pela existência de algumas construções centenárias, localizadas principalmente nos Estados Unidos. Na Europa, o exemplo mais conhecido é da Maison Feuillet (Ilustração 10) construída pelo engenheiro francês Feuillet em 1921, em França, que comprova a durabilidade e o conforto higrotérmico deste caso (Reaes Pinto e Dias, 2018, p. 11).

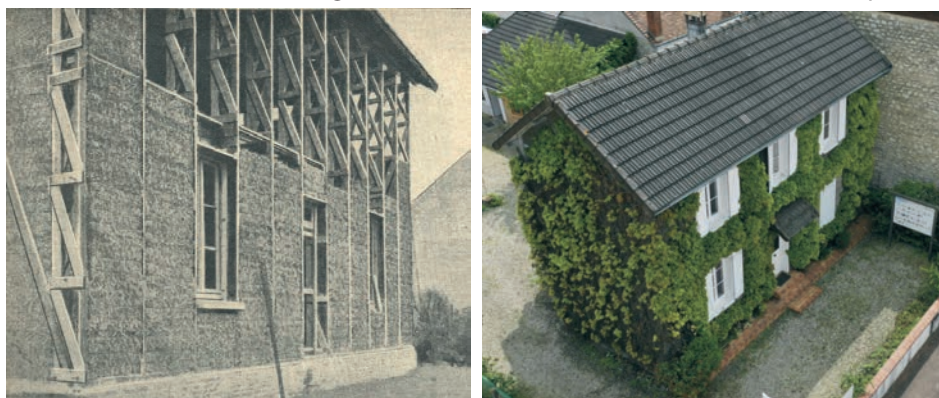


Ilustração 10 – Maison Feuillet, no ano da sua construção e o seu estado actual (à esquerda: Lamache, 1921, p. 483) (à direita: CNCP (Belliot, 2020, p. 47)).

A conceção deste modelo de painel surgiu da necessidade de criar um sistema construtivo aplicado à realidade nacional, utilizando materiais disponíveis, de baixo carbono, económicos e sustentáveis, tendo-se definido uma solução, caracterizada por:

- Módulos leves no sentido da redução da potência dos sistemas de transporte e de elevação mecânica;
- As dimensões dos módulos, no caso da utilização da palha estiveram, inicialmente, dependentes das dimensões dos fardos deste material disponíveis no mercado nacional;
- Os fardos são montados numa estrutura de madeira constituindo um módulo autoportante, com um sistema de encaixe machado que faz a ligação entre módulos e também dos primeiros módulos ao pavimento;
- O módulo pode se integrado na estrutura de um edifício, com funções de enchimento ou com funções resistentes, participando assim numa estrutura de malha de parede resistente;
- O painel é constituído por 4 aros de madeira maciça, com um sistema de encaixe por macho-fêmea de forma a aumentar sua rigidez estrutural e os aros são fixados mecanicamente aos elementos de madeira maciça, que constituem uma estrutura que contem o isolamento térmico.

O módulo de parede, quando preenchido por fardos de palha, é completado, pelo lado interior, por um painel de madeira estrutural que contribui, também, para a rigidez do conjunto. Os fardos de palha que preenchem a parede exterior são rebocados, do lado exterior, com cal aérea e argila, com o objetivo manterem a humidade da palha abaixo dos 23%.

A ligação entre painéis é feita por uma estrutura linear, horizontal e vertical (cintas e montantes) de madeira maciça, que garante o comportamento estrutural do conjunto dos painéis, que constituem a parede exterior, permitindo suportar as cargas verticais, correspondentes ao peso do edifício. Este espaço, entre painéis, pode funcionar também como zona técnica ou então ser apenas preenchido com isolamento térmico.

O módulo pode ser integrado numa estrutura existente com funções de enchimento ou pode ter funções resistentes, participando numa parede de malha estrutural (Reaes Pinto e Dias, 2018, p. 18) (Ilustração 11).



Ilustração 11 – Estrutura do painel, fardo de palha e enchimento da estrutura em painel: fardos de palha e granulado de cortiça, Reaes Pinto.

MELHORIA DO PAINEL

Os módulos foram ensaiados no laboratório SerQ na Lousã.

Os primeiros ensaios, permitiram chegar à conclusão de que a solução dos painéis poderia ser melhorada:

- Foi aplicada uma placa estrutural de madeira a partir do exterior do painel para obter maior resistência ao contraventamento e simultaneamente para fechar o módulo;
- A aplicação da placa a partir do exterior do painel permite a utilização de outros tipos de materiais de isolamento térmico, como a cortiça, casca de arroz, lã de ovelha, resíduos têxteis, cânhamo ou fibra de coco, entre outros;
- Esta solução permite a utilização de materiais disponíveis localmente (com capacidade de isolamento térmico), como os desperdícios locais de cortiça ou a casca de arroz do, entre outros;
- A eliminação do reboco exterior, reduz o tempo de execução do painel (Reaes Pinto e Dias, 2018) (Ilustração 12).



Ilustração 12 – Painel rebocado; elevação dos painéis sem placa exterior; painéis sem reboco e com placa exterior de derivados de madeira, assentes em elementos de base, Reaes Pinto.

A solução construtiva permite vários tipos de acabamentos, tanto no interior como no exterior. Estas soluções de acabamentos podem ser aplicadas com fixação mecânica, de forma a permitir a sua reutilização e reciclagem. Tal não é possível quan-

do se aplicam rebocos em paredes interiores e exteriores. Foram considerados diferentes tipos de acabamentos de fixação mecânica: os ensaios de instalação de revestimentos exteriores foram efetuados, inicialmente, com a telha cerâmica plasma da CS, que é destacável e pode ser reutilizada (Ilustração 13).



Ilustração 13 – Fases de preparação do revestimento exterior: Paineis rebocados, com uma manta geotêxtil de proteção contra a humidade e estrutura para assentamento de revestimento exterior cerâmico, Reaes Pinto.

Os ensaios relativamente ao módulo de parede exterior pré-fabricado demonstram a viabilidade técnica do sistema construtivo. Quanto aos materiais utilizados são renováveis, com pouca energia incorporada, sem emissões tóxicas durante o seu ciclo de vida, podendo ser reutilizáveis ou recicláveis, com redução dos resíduos em obra (Reaes Pinto e Dias, 2018, p. 32).

2.5. DESCONSTRUÇÃO E DESMANTELAMENTO SELETIVO [DDS]

ESTUDO DE CASO: HME

Segundo a previsão do World Population Prospects, organização das NU, de 2023, o aumento da população mundial até meados deste século será de 9.7 mil milhões, com o desenvolvimento das regiões da África e da Ásia, o que levará ao aumento muito significativo do consumo de recursos, que são finitos no nosso Planeta.

Esta situação exigirá a substituição da produção linear que esgota o produto e o leva a vazadouro, com todas as consequências negativas, contaminação dos níveis freáticos e das espécies animais e vegetais, por uma produção circular que dá origem a novos materiais não extraíveis da Natureza.

Neste âmbito, defende-se a existência de um projeto de desconstrução e desmantelamento seletivo de um edifício, paralelamente ao projeto convencional, no sentido de, no fim do seu ciclo de vida, se possam reutilizar os materiais que o constituem, mas também reciclá-los, dando origem a novos materiais não extraíveis que possam ser usados noutra edifício.

A Desconstrução e Desmantelamento Seletivo, (com triagem e reciclagem), tem em vista a recuperação e aquisição do máximo de materiais e elementos que constituem as diferentes partes de um edifício no final do seu ciclo de vida. Esta recuperação é efetuada no pressuposto de que estes materiais podem ser utilizados na construção de novos edifícios através de processos de reutilização e reciclagem (Ilustração 14).

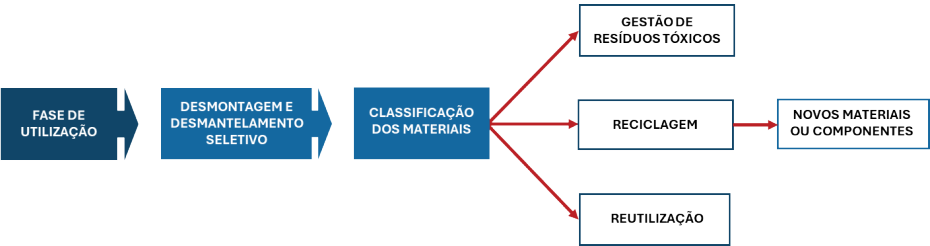
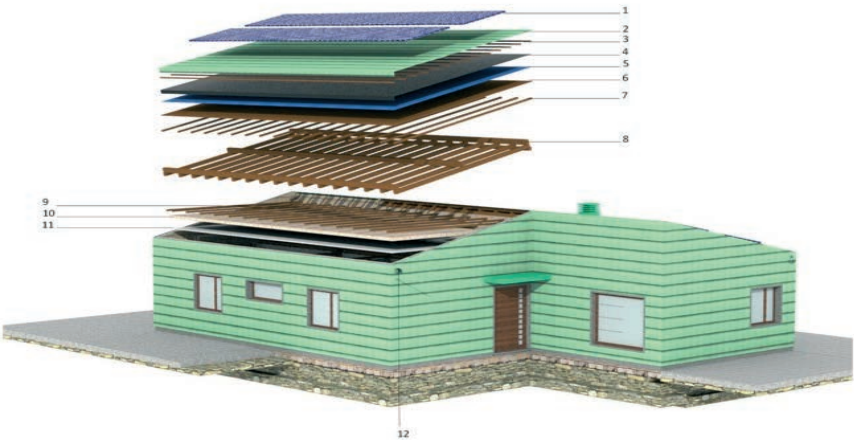


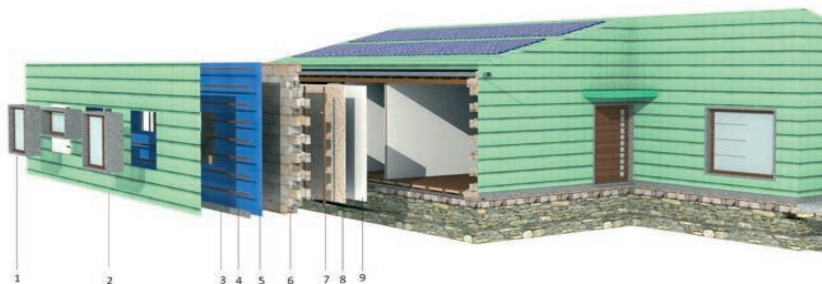
Ilustração 14 - Triagem dos materiais, segundo as suas características, no final do ciclo de vida dos edifícios, Reaes Pinto.

Fases de desconstrução e desmantelamento seletivo do HME (Ilustração 15).



Desmantelamento das paredes exteriores:

- | | |
|--|--|
| 1. Caixilhos e cantarias | 7. Sub-estruturas de madeira |
| 2. Telha Cerâmica Plana | 8. Estrutura de madeira |
| 3. Soco em pedra | 9. Sub-estruturas para teto secundário |
| 4. Ripado de Madeira | 10. Lã de rocha com 10mm de espessura |
| 5. Separador Físico | 11. Placa de gesso cartonado com 17,5mm de espessura |
| 6. Contraplacado com 20mm de espessura | 12. Caleira |



Desmantelamento das paredes exteriores:

- | | |
|--------------------------|---|
| 1. Caixilhos e cantarias | 6. Blocos de encaixe de baixo carbono |
| 2. Telha Cerâmica Plana | 7. Sub-estrutura de |
| 3. Soco em pedra | 8. Lã de rocha com 25mm de espessura |
| 4. Ripado de Madeira | 9. Placa de gesso cartonado com 17,5mm de espessura |
| 5. Separador Físico | |

Ilustração 15 - Triagem dos materiais, segundo as suas características, no final do ciclo de vida dos edifícios, Reaes Pinto.

2.6. MÓDULO DE PAREDE EXTERIOR PRÉ-FABRICADO COM BIOMATERIAL DERIVADO DE MICÉLIO

As soluções de isolamento mais utilizadas na indústria da construção convencional derivam, na sua maioria, de matérias-primas de origem fóssil. Estes materiais de construção, derivados do petróleo, que provêm de recursos extrativos e finitos no nosso planeta, representam uma ameaça significativa à sustentabilidade dos recursos naturais existentes.

A dependência de materiais derivados do petróleo resulta numa série de impactos negativos:

Elevada Pegada Carbónica: A produção e o processamento de materiais petroquímicos libertam grandes quantidades de dióxido de carbono (CO_2) e outros gases com efeito de estufa, contribuindo significativamente para as mudanças climáticas.

Energia Incorporada: A energia necessária para a extração, o fabrico e o transporte destes materiais é substancial, resultando num uso ineficiente de recursos energéticos.

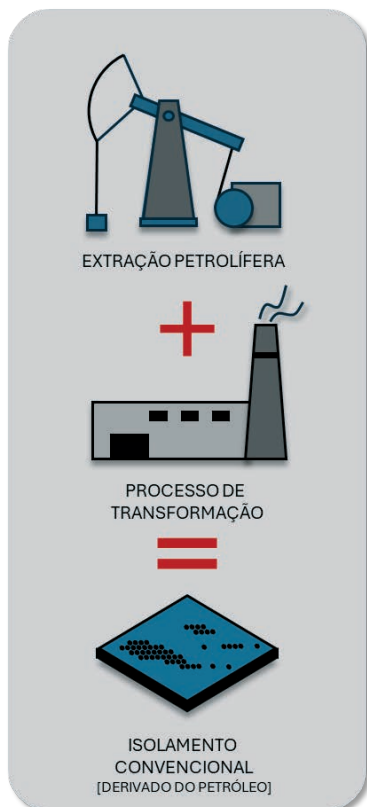
Impacto Ambiental: A extração dos recursos fósseis pode causar desastres ambientais, como derramamentos, contaminação de água e solo, assim como a destruição de habitats naturais.

Sustentabilidade Limitada: Sendo recursos finitos, a dependência contínua de matérias-primas fósseis não é sustentável a longo prazo, levando à necessidade urgente de encontrar alternativas mais ecológicas.

Para mitigar estes problemas, que contribuem para o elevado aumento da concentração de CO_2 , é essencial promover o uso de materiais renováveis e sistemas de construção sustentáveis.

Neste âmbito, e dando continuidade ao projeto de investigação de “Habitação Modular Pré-fabricada”, visa-se desenvolver um módulo de parede exterior pré-fabricado utilizando como isolamento biomateriais derivados de micélio de fungos, no sentido de se alcançar uma alternativa mais sustentável, com menor impacto ambiental e baixo índice de carbono. Para além dos benefícios ecológicos deste material renovável, não extrativo e de crescimento rápido, esta solução de biocompósito de micélio, pretende recorrer a substratos, preferencialmente, locais, como resíduos ou subprodutos industriais, atribuindo-lhes valor (Ilustração 16).

**MATÉRIA-PRIMA EXTRATIVA COM
ELEVADA PEGADA DE CARBONO**



**MATÉRIA-PRIMA NÃO EXTRATIVA
COM BAIXO TEOR DE CARBONO**

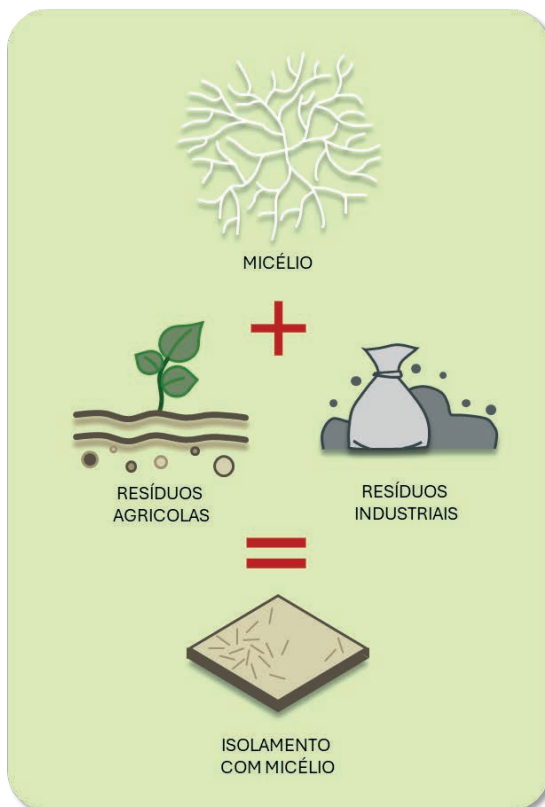


Ilustração 16 – Processo de transformação e teor de carbono:
isolamento convencional e isolamento com micélio, Marlene Urbano.

Neste projeto, os fungos em estudo, são os macrofungos. Estes fungos filamentosos são constituídos por três partes: o cogumelo, um corpo exterior frutífero, que produz e liberta esporos; as hifas, que são células alongadas que se desenvolvem em extensos filamentos fibrosos; e o micélio, composto por uma extensa rede de hifas ramificadas que constituem a parte vegetativa dos fungos, conseguindo colonizar grandes áreas de superfície (Jardim Gulbenkian, 2023; Moore-Landecker, 1990, p.16) (Ilustração 17).

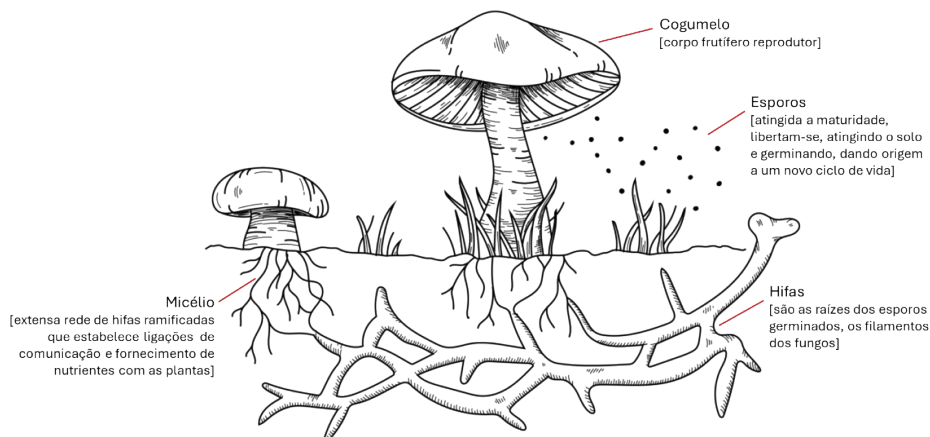


Ilustração 17 – Ciclo de vida dos fungos e a sua constituição
(Adaptado de Ecovative, 2023).

Enquanto organismo vivo, o micélio de fungo está naturalmente munido de enzimas capazes de decompor e transformar matéria orgânica em nutrientes, para que a sua própria biomassa se desenvolva, assegurando a sua recirculação para que outros seres e organismos vivos também os assimilem e cresçam (Meyer *et al.*, 2020, p. 2; Stamets, 2005, p. 55). Os fungos desempenham um papel fundamental no funcionamento e equilíbrio natural dos ecossistemas e na manutenção de um ambiente saudável, vital para o crescimento e sobrevivência de muitas espécies, onde nada é descartado. Os fungos garantem a circularidade da Natureza, enquanto recicladores e reparadores naturais, redutores de substâncias tóxicas dos materiais, decompositores de poluentes, e importantes sequestradores de carbono, fator essencial para o crescimento da sua rede de micélio (Navarro, 2023).

A biotecnologia fúngica pode oferecer soluções de base biológica sustentáveis, transformando resíduos de construção, e de outros setores industriais, em novos materiais seguros e saudáveis, capacitados de consumir e eliminar toxinas dos resíduos. Permitindo a passagem do modelo de construção convencional de resíduos lineares para o modelo circular, reduzindo as emissões de CO₂ e os resíduos industriais, regenerando-os, contribuindo para a sustentabilidade ambiental (Ilustração 18).



Ilustração 18 – Ciclo de vida dos fungos e a sua constituição (Biohm, 2016).

O micélio de fungos é uma matéria-prima natural dotada de capacidades e propriedades únicas, com grandes vantagens e potencialidades, permitindo desenvolver novos materiais não extrativos e com baixo carbono incorporado, num vasto leque de aplicações em diversos setores económicos, como é o caso do sector da construção (Meyer *et al.*, 2020, p. 2; Ecovative, 2023). A sua estrutura celular é composta por cadeias de quitina e glucanos, polímeros naturais que formam os tecidos orgânicos mais resistentes, como os exoesqueletos dos insetos e moluscos (Merzendorfer, 2011). Entre as propriedades mais destacadas do micélio de fungos estão:

Resistência ao fogo: O micélio é inerentemente resistente ao fogo, o que o torna uma excelente opção para aumentar a segurança contra incêndios em edifícios;

Resistência à água: Embora por si só não seja totalmente à prova de água, o micélio pode ser tratado ou combinado com outros materiais para melhorar a sua resistência à água;

Isolamento: Possui propriedades isolantes tanto térmicas quanto acústicas, garantindo o conforto higrotérmico e acústico do espaço interior utilizado dos edifícios;

Resistência mecânica: A resistência mecânica do micélio depende do tipo de substrato usado e das condições de crescimento, mas pode ser comparável a materiais convencionais como o poliestireno expandido;

Durabilidade: Quando devidamente processado e tratado, o micélio pode ser muito durável e resistente ao desgaste. Sendo naturalmente resistente a algumas formas de pragas, como insetos;

Leveza: É um material leve, o que facilita o transporte e a instalação;

Sustentabilidade: Sendo um material renovável e biodegradável, o micélio apresenta uma pegada de carbono muito baixa em comparação com materiais de construção convencionais. O seu cultivo e produção requerem menos energia e recursos, sem a necessidade de processos extrativos intensivos;

Versatilidade: Pode ser moldado em diversas formas e tamanhos, permitindo uma ampla gama de aplicações arquitetónicas e de design (Ecovative, 2023).

No âmbito da investigação científica, o micélio tem sido amplamente estudado como um material de construção devido às suas propriedades exclusivas, incluindo a resistência mecânica. O micélio é capaz de formar uma rede densa e resistente quando cultivado em substratos adequados, criando materiais de isolamento eficazes e duradouros.

Para garantir que o isolamento à base de micélio, e outros, seja duradouro, este deve ser resistente a agressões externas como roedores, insetos e humidade. Ao avaliar o ciclo de vida do isolamento, deve-se considerar a vida útil e a durabilidade de cada material utilizado no sistema construtivo. A maior durabilidade dos materiais de

isolamento naturais e a menor perda de desempenho ao longo do tempo resultam em menos intervenções de manutenção, tornando o isolamento mais eficaz e sustentável a longo prazo (Navarro, 2023) (Ilustração 19).

		Plant based						Recycled		Animal based	
		HEMP	STRAW	FLAX	MYCELIUM	CORK	WOOD FIBER	GRASS	CELLULOSE	COTTON	WOOL
Physical Properties	Thermal conductivity	0.028-0.030 W/mK	0.028-0.032 W/mK	0.028-0.032 W/mK	0.029-0.03 W/mK	0.027-0.03 W/mK	0.028-0.032 W/mK	0.032-0.034 W/mK	0.027-0.032 W/mK	0.027 W/mK	0.022-0.048 W/mK
	Specific heat capacity	1200-1220 J/kg.K	1660-1710 J/kg.K	1200-1220 J/kg.K	1200 J/kg.K	1900-2000 J/kg.K	1680-1710 J/kg.K	1600 - 2000 J/kg.K	1200-1300 J/kg.K	1200-1220 J/kg.K	1300-1370 J/kg.K
	CO2 footprint primary production	1.52-1.68 kg/kg	-1.1 - -0.8 kg/kg	0.42-0.49 kg/kg	Negative	0.739-0.835 kg/kg	0.5-0.66 kg/kg	Negative	Negative	2.32-4.32 kg/kg (Before recycling)	15 - 20 kg/kg (Before recycling)
Environmental	Water usage primary production	2.492-3.842 L/kg	660-760 L/kg	190-2.343 L/kg	/	850 - 750 L/kg	850 - 760 L/kg	/	/	7.493 - 8.282 L/kg	1.762 L/kg
	Carbon sequestration and CO2 footprint	"One hectare of industrial hemp can absorb 15 tonnes of CO2 per hectare". A negative CO2 footprint can be achieved.	"A straw bale wall actually sequesters 42.8 kilograms of CO2 per hectare". A negative CO2 footprint can be achieved.	"Flax plants on one hectare absorb more than 3.7 metric tons of carbon dioxide and convert it into oxygen".	"Sequesters at least 10 tonnes of carbon per month". A negative CO2 footprint can be achieved.	"Every year the cork forests retain up to 14 million tons of CO2". A negative CO2 footprint can be achieved.	"A timber weight is generally 40% carbon which means 500g of carbon sequestered per kg of wood. 1.83 kg of CO2 is removed from the atmosphere for every kg of wood products used". A negative CO2 footprint can be achieved.	"Captures 1.6g of CO2/kg of product". A negative CO2 footprint can be achieved.	"Helps lower carbon emissions by re-cycling waste paper and is made from recycled plant fibers. Carbon is also locked in for the life of the product". A negative CO2 footprint can be achieved.	"Helps lower carbon emissions by recycling fashion waste streams and preventing garments from ending up in landfills". A negative CO2 footprint can be achieved.	"Wool sequesters carbon and other chemicals. 1 kg of clean wool equates to 1.8 kg of CO2 stored".
	Binders	Can be interlarded with flax, hemp or other fibers or mixed with clay or lime, creating hempcrete	Does not contain any binders.	Can contain polyester binder (non-renewable)	Mycelium IS the binder. Contains commercial and agricultural by-products on its mix with insulating properties.	Releases natural glue (luberant) by heating and pressure. No other binders or chemicals are used in the process.	Releases natural glue (luberant) by heating and pressure. In some cases synthetic glue can be added. Usually contains polyester binder (non-renewable)	Made by means of Adip technology (needle punching). Can contain either natural binding fibers like jute or synthetic fibers.	Does not contain any binders	Interlarded around 85% is polyester bonding fibers	Contains recycled polyester binder. Can contain polyester binder (non-renewable). Other binders can be used.
Chemical Properties	Treatment	Natural fire resistant but can be externally treated with non-toxic flame retardants like silica	Requires fire treatment. Can be chemical (boric acid) or natural (silica)	Requires fire treatment. Can contain chemical flame retardant and biocide	Needs no treatment	Needs no treatment	Requires fire and waterproof treatment. Can contain chemical fire retardant and pettochemical waterproofing was.	Requires the treatment.	Requires fire and fungicide treatment. Usually non-hazardous chemicals.	Requires fire and fungicide treatment.	Requires the treatment. Can contain chemical flame retardant and biocide. Can contain polyester binder (non-renewable). Other binders can be used.
	Source	Renewable Hemp harvest streams	Renewable Grain harvest streams	Renewable Linen discarded fibers	Renewable Different waste streams	Renewable Oak bark	Renewable Wood industry streams	Renewable Waste streams	Renewable Recycled paper	Recycled pre-consumer clothing scraps	Renewable or recycled Wool discarded fibers
	End of life	Downcycle, Combiust for energy recovery, Biodegrade, Landfill.	Reuse, Downcycle, Combiust for energy recovery, Biodegrade, Landfill.	Reuse, Downcycle, Combiust for energy recovery, Biodegrade, Landfill.	Reuse, Downcycle, Combiust for energy recovery, Biodegrade, Landfill.	Reuse, Downcycle, Combiust for energy recovery, Biodegrade, Landfill.	Reuse, Downcycle, Combiust for energy recovery, Biodegrade, Landfill.	Reuse, Downcycle, Combiust for energy recovery, Biodegrade, Landfill.	Downcycle, Combiust for energy recovery, Biodegrade, Landfill.	Recycle, Downcycle, Combiust for energy recovery, Biodegrade, Landfill.	Recycle, Downcycle, Combiust for energy recovery, Biodegrade, Landfill.
Performance	Price of the raw material	0.99-1.8 €/kg	0.0905-0.042 €/kg	0.59-0.68 €/kg	DIY	2.45-12.1 €/kg	0.68-0.313 €/kg	/	/	1.62 - 4.68 €/kg	1.89 - 3.74 €/kg
	Form	Batts or boards	Panels and bales	Roll or batt	Panels	Boards and panels	Boards	Roll or batt	Loose or blown	Roll or batt	Roll or batt

Comparative Specifications: "Natural insulation - What do you need to know?"

© 2024 Insulcore Ltd.

Comparative Specifications: "Natural insulation: What do you need to know?" unifabrics.com

Ilustração 19 – Quadro de comparação das diferentes caraterísticas de isolamentos plant based (Navarro, 2023).

Os micélios de fungos podem ser cultivados em diferentes tipos de substratos, oriundos de diversas fontes, como resíduos ou subprodutos resultantes de diversos setores industriais. Sendo certo que, para que o micélio se desenvolva, deverá ter sempre um substrato de base biológica, ao qual poderá ser adicionado um substrato não biológico. Diversos são os resíduos ou subprodutos disponíveis:

Biológicos: palha, engaço, casca de arroz, cânhamo, bagaço de azeitona, lã de ovelha, entre outros;

Não biológicos: gesso cartonado, betão, asfalto, têxteis, borracha, entre outros.

A eficácia da colonização e da formação da biomassa destes biocompósitos depende essencialmente: da espécie de fungo, o tipo de substrato, a compatibilidade

do micélio com o substrato, o tipo de compósito, o método de cultivo, as condições ambientais de crescimento (temperatura, humidade, nutrientes, pH, etc.), entre outros fatores (Ghazvinian *et al.*, 2019).

No âmbito do projeto de investigação, a estrutura de madeira que compõe os módulos de parede exterior pré-fabricados, com um compartimento reservado para o isolamento, permitiu depositar o substrato com o fungo já inoculado, reunindo as condições necessárias para o desenvolvimento do micélio (Ilustração 20).



Ilustração 20 – Módulo de parede exterior pré-fabricado com isolamento de biocompósito de micélio, Reaes Pinto e Marlene Urbano.

No processo de cultivo do micélio, quando ocorre a colonização dos substratos, os seus filamentos (hifas) aglomeram todas as partículas orgânicas, degradando-as (Meyer *et al.*, 2020, p. 2). O biocompósito, composto pelo substrato ligado por uma extensa rede de hifas, ao atingir a forma e maturidade pretendidas, o seu crescimento deve ser interrompido, por secagem ou fonte de calor, parando o desenvolvimento do micélio evitando assim a degradação do substrato (Ghazvinian *et al.*, 2019). No entanto, procura-se desenvolver um processo de interrupção do ciclo de vida do fungo através de uma ação bioquímica que atue diretamente na estrutura do micélio sem perder as suas propriedades.

Para além de poderem ser reutilizáveis e facilmente recicláveis, estes biomateriais compósitos de enchimento do módulo pré-fabricado, no seu conjunto, garantem uma boa eficiência energética e um bom desempenho higrotérmico e acústico.

2.7. CONSTRUÇÃO CIRCULAR

Os materiais renováveis e as respetivas tecnologias de aplicação, nomeadamente a pré-fabricação, que fazem parte desta Habitação Modular Evolutiva, e a sua potencial desconstrução, integram-se numa produção circular, no âmbito da Economia Circular.

A Economia Circular (EC) é definida como um sistema industrial restaurativo e regenerativo, capaz de salvaguardar o valor económico dos produtos durante o máximo período de tempo com o objetivo de alcançar a dissociação entre o crescimento económico e a demanda de recursos naturais (Ellen MacArthur Foundation, 2015, p. 2).

O diagrama seguinte (*butterfly diagram*) ilustra as várias fases da implementação da EC, em ciclos biológicos e técnicos fechados (*closed loops*), de modo a possibilitar que os recursos da biosfera e da tecnosfera não extravasem prematuramente, além de necessariamente ser alimentada por energias renováveis (Ilustração 21).

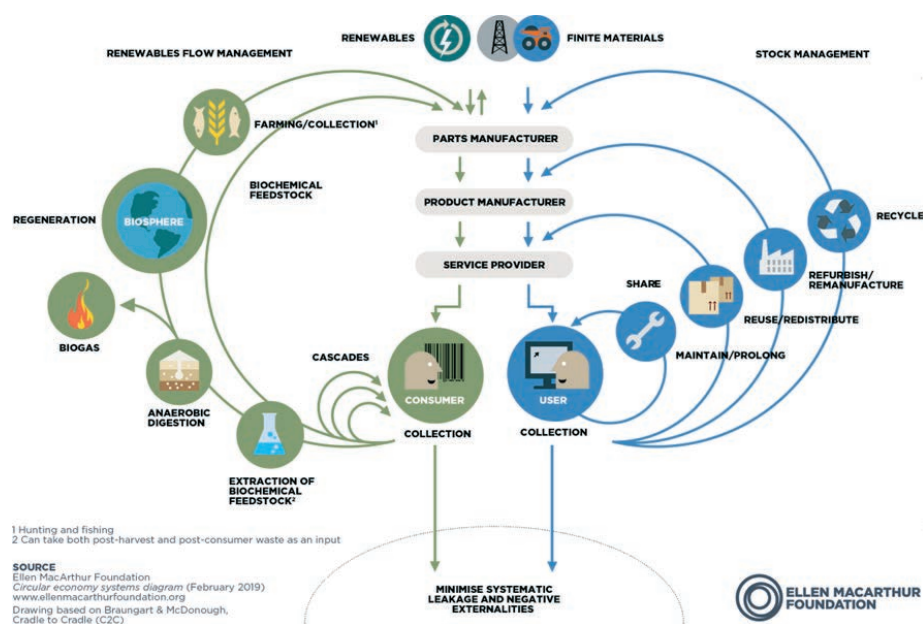


Ilustração 21 - O diagrama da Economia Circular.
(Ellen MacArthur Foundation, 2023).

A Construção Circular (CC) pode ser definida como a aplicação dos princípios da Economia Circular ao setor da construção (UK Green Building Council, 2020) e de modo a ser regenerativa é essencial que a tecnosfera seja fornecida de materiais renováveis provenientes da biosfera (*bio-based*), sendo este um assunto pertinente para a questão da escassez das matérias-primas para o combate às alterações climáticas antropogénicas por via do ambiente construído (Churkina *et al.*, 2020, pp. 270, 271).

De facto, existe uma janela de oportunidade no sentido de tornar os edifícios e as infraestruturas em agentes de impactes positivos através da sua potencial capacidade de captar e armazenar carbono, por via da utilização de materiais renováveis, em vez dos convencionais de origem fóssil ou mineral, principalmente na estrutura e no envelope (isolamento e revestimento) dos edifícios (Churkina *et al.*, 2020, p. 271; Huynh *et al.*, 2023, pp. 60, 61).

Um material de construção renovável pode ser definido como:

[...] materials wholly or partly derived from renewable biological origins, or by-products and biowaste of plant and/or animal biomass that can be used as raw building materials and decorating items in construction, in their original forms or after being reprocessed (Linh Le, Salomone e Nguyen, 2023, p. 1).

De acordo com Huynh *et al.* (2023), existem duas categorias de materiais com o potencial de sequestrar carbono:

1. Materiais renováveis (*bio-based*), maioritariamente de origem vegetal e com carbono biogénico armazenado ao longo do crescimento da planta, resultante da fotossíntese (p.e., palha, cortiça, cânhamo, bambu, micélio, madeira, lã, etc.);
2. Materiais de base mineral a partir da captura e armazenamento de carbono por via tecnológica (p.e., *biochar* ou carvão biogénico estabilizado) (Huynh *et al.*, 2023, pp. 59, 63; Rosenbloom *et al.*, 2023, p. 27).

Tabela 1 - Classificação dos materiais renováveis e minerais transformados suscetíveis de captação e armazenamento de carbono.

SOURCES		PRODUCTS	
Biogenic Carbon Storage			
Agricultural and forestry residues and by-products	Straw (rice, wheat), hulls (rice), shells (nuts), stalks		Board products, insulation, cladding, aggregate
Waste stream fibers	Paper, cardboard, textiles		Board products, insulation
Purpose-grown crops	Cork, bamboo, hemp		Boards, flooring, insulation, structure, cladding
Lab-grown materials	Mycelium composites		Insulation, structure
Timber	Lumber, mass timber, sheet goods		Structure, board products, flooring, cladding
Mineralized Carbon Storage			
Biomineralization	Algae and microbe-grown cement		Concrete, concrete masonry unit (CMU), brick
Captured carbon	Synthetic limestone aggregate and accelerated carbonation		Concrete, CMU, brick
Biochar	Biogenic carbon transformed into stable, pyrogenic carbon through combustion in the absence of oxygen		Aggregate, tiles, bricks

Fonte: (Huynh *et al.*, 2023, p. 59).

A utilização cada vez mais frequente de materiais renováveis de qualquer tipo, assume-se atualmente como uma das estratégias mais realistas e eficazes de descarbonizar o setor e, conseqüentemente, a economia, em conjunto com a construção circular numa abordagem que evite (*avoid*) a extração de matérias-primas, que promova a mudança (*shift*) para os materiais renováveis e regenerativos e que melhore (*improve*) os métodos de produção dos materiais e produtos de construção convencionais (Dyson *et al.*, 2023, p. 14).

Tabela 2 - A abordagem “Evitar - Mudar – Melhorar” para a descarbonização do setor da construção.



Fonte: (Dyson *et al.*, 2023, p. 14).

Um exemplo da aplicação destes princípios é o projeto em curso do edifício da sede da empresa tecnológica Atlassian, em Sydney (Austrália), e que se prevê ficar concluído ainda no decurso de 2025. Trata-se de um edifício com cerca de quarenta pisos, executado com uma estrutura prefabricada híbrida de madeira engenheirada e de um exoesqueleto metálico permitindo, além de uma cortina de vidro, a integração de painéis solares fotovoltaicos na fachada (BIPV), diminuindo para metade a pegada de carbono, quando comparado com um edifício convencional equivalente (D’Angelo, 2020; Harrouk, 2020; Blok, 2020).

Por outro lado, a existência de vastos terraços e coberturas ajardinadas contribuem para evitar o efeito de “ilha de calor”, contribuindo para a eficiência energética operacional, ventilação natural e o contacto com a natureza por parte dos utentes, (D’Angelo, 2020; Harrouk, 2020; Blok, 2020), além da retenção e detenção das águas pluviais (*storm water*), tornando o edifício uma “esponja” de carbono e de água (Ilustração 22 e 23).



Ilustração 22 - Render da vista exterior de pisos intermédios do Atlassian HQ.
(SHoP Architects, 2024).



Ilustração 23 – Render da vista exterior dos pisos superiores do Atlassian HQ.
(SHoP Architects, 2024).

3. Conclusões

No contexto deste trabalho, foi utilizado como caso de estudo o PI “Habitação Modular Evolutiva HME”, para regiões de baixa densidade, com base em dois Módulos (diurno e noturno), que utiliza materiais, de preferência locais e tecnologias aplicadas,

com significativa utilização de blocos de encaixe de baixo carbono para paredes exteriores, cujos acabamentos são prefabricados de fixação mecânica ao suporte rígido, sendo reversíveis e reutilizáveis. Relativamente à concretização desta HME prevê-se, também, a sua construção crescente e a possibilidade de autoconstrução, segundo as necessidades económicas e de crescimento das famílias.

Na sequência desta investigação, de natureza mais tradicional e local, foram realizadas outras investigações na área da construção industrializada, nomeadamente da pré-fabricação, no sentido da possibilidade da aplicação de elementos construtivos modulares, para paredes exteriores, de produção e aplicação com maior produtividade e rapidez de construção, constituídos por biomateriais (de origem vegetal, animal e fungos). Materiais com baixo impacte ambiental, se possível locais, destacando-se, mais recentemente, e ainda na área destes materiais, uma investigação sobre a utilização de fungos de crescimento rápido na constituição desses elementos construtivos.

A escolha dos materiais e da sua aplicação, com critério, no âmbito da construção sustentável, para a construção de edifícios, é fundamental, tendo presente que os recursos naturais são finitos na Natureza, situação que se agravará com o grande crescimento da população mundial previsto, para meados deste século. Também os edifícios são responsáveis por grandes impactes negativos ambientais, com cerca de 50% do consumo global de recursos materiais, com a produção de dióxido de carbono da ordem dos 40%, e com elevada produção de resíduos, o que exige a substituição do processo de Construção Linear, que esgota o produto, por um processo de Construção Circular, através do qual se produzem novos materiais não extraíveis. Tem-se ainda presente, neste contexto, o acordo e as recomendações de Paris/COP21, quanto à contenção do aquecimento global que não deve exceder 1,5 graus, relativamente ao período pré-industrial.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é financiado por fundos nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do Projeto <UIDB/04026/2020> com o identificador DOI <10.54499/UIDB/04026/2020 (<https://doi.org/10.54499/UIDB/04026/2020>)>.

REFERÊNCIAS

- BELLIOT, Maïlys (2020) – *Construction paille, enquête*. Em “La Maison Écologique”, nº116, pp. 46-50.
- BIOHM (2016) - *Mycelium Tech* [Em linha] [Consult. 18 jul. 2024]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.biohm.co.uk/mycelium>>.
- BLOK, India (2020) - *SHoP Architects and BVN design world's tallest hybrid timber tower for Atlassian in Sydney*. Dezeen. [Em linha]2020). [Consult. 10 jul. 2023]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.dezeen.com/2020/07/08/shop-architects-and-bvn-design-worlds-tallest-hybrid-timber-tower-for-atlassian-in-sydney/>>.
- CHURKINA, Galina et al. (2020) - *Buildings as a global carbon sink*. *Nature Sustainability*. ISSN 2398-

9629. 3:4 269–276. doi: <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0462-4>.
- D'ANGELO, Madeleine (2020) - *Atlassian Sydney Headquarters*. Architect Magazine. [Em linha] [2020]. [Consult. 13 fev. 2023]. Disponível em WWW:<URL:https://www.architectmagazine.com/project-gallery/atlassian-sydney-headquarters_o>.
- DYSON, Anna et al. (2023) - *Building materials and the climate : constructing a new future* [Em linha]. Paris, France : United Nations Environment Programme [Consult. 18 set. 2023]. Disponível em WWW:<URL:<https://wedocs.unep.org/xmlui/handle/20.500.11822/43293>>. ISBN 978-92-807-4064-6.
- ECOVATIVE (2023). *Growing Sustainable Products From Mushroom Mycelium To Save The Planet*. 2 fev. 2022. [Consult. 29 mar. 2024]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.youtube.com/watch?v=t1UjGTnWGYU>>.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (2015) - *Towards a circular economy : Business rationale for an accelerated transition* [Em linha]. Cowes, UK : Ellen MacArthur Foundation [Consult. 7 fev. 2023]. Disponível em WWW:<URL:<https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-a-circular-economy-business-rationale-for-an-accelerated-transition>>.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (2023) - *What is a circular economy?* [Em linha]. Cowes, UK : Ellen MacArthur Foundation [Consult. 3 abr. 2023]. Disponível em WWW:<URL:<https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>>.
- GHAZVINIAN, Ali et al. (2019) - *Mycelium-Based Bio-Composites For Architecture: Assessing the Effects of Cultivation Factors on Compressive Strength*. (2019, September 12). doi: https://doi.org/10.5151/proceedings-ecaadesigradi2019_465
- HARROUK, Christele (2020) - *The World's Tallest Hybrid Timber Tower is Under Construction in Sydney, Australia*. ArchDaily. [Em linha]. [Consult. 14 fev. 2023]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.archdaily.com/942496/the-worlds-tallest-hybrid-timber-tower-is-under-construction-in-sydney-australia>>. ISSN 0719-8884.
- HUYNH, Tracy et al. (2023) - *Driving action on embodied carbon in buildings : Answers to current questions about embodied carbon and key actions to accelerate the decarbonization of building construction* [Em linha]. Boulder, CO : RMI. [Consult. 28 set. 2023]. Disponível em WWW:<URL:<https://rmi.org/insight/driving-action-on-embodied-carbon-in-buildings/>>.
- JARDIM GULBENKIAN (2023). *Como assegurar a diversidade de cogumelos (e outros fungos) num espaço verde*. 17 Abril 2023. [Em linha] [Consult. 27 mar. 2024]. Disponível em WWW:<URL:<https://gulbenkian.pt/jardim/read-watch-listen/como-assegurar-a-diversidade-de-cogumelos-e-outros-fungos-num-espaco-verde/>>.
- LAMACHE, Gustave (1921) – *Fraiches en été, chaudes en hiver, les maisons de paille sont avant tout économiques*. Em “La Science et la Vie”, nº56, Maio 1921.
- LINH LE, Dinh; SALOMONE, Roberta; NGUYEN, Quan T. (2023) - *Circular bio-based building materials : A literature review of case studies and sustainability assessment methods*. *Building and Environment*. [Em linha] 244: 110774. [Consult. 5 set. 2023]. Disponível em WWW:<URL:<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110774>>. ISSN 0360-1323.
- MERZENDORFER, H. (2011) - *The cellular basis of chitin synthesis in fungi and insects: common principles and differences*. *Eur J Cell Biol*. 90:759–69.
- MEYER, Vera et al. (2020) - *Growing a circular economy with fungal biotechnology: a white paper*. *Fungal Biology and Biotechnology*. ISSN 2054-3085. 7:1 5. doi: 10.1186/s40694-020-00095-z.
- MOORE-LANDECKER, Elizabeth (1990) - *Fundamentals of the fungi* [Em linha]. [S.l.] : Englewood Cliffs, N.J. : Prentice Hall, [Consult. 19 jul. 2024]. Disponível em WWW:<URL:<http://archive.org/details/fundamentalsoffu0000moor>>. ISBN 978-0-13-332941-4.
- NAVARRO, Vita Martí (2023) - *Natural Insulation - What do you need to know? Critical Concrete*, 30 jan. 2023. [Consult. 14 mar. 2024]. Disponível em WWW:<URL:<https://criticalconcrete.com/natural-insulation-what-do-you-need-to-know/>>.

- REAES PINTO, A. (2018) - *Contribuições para a construção sustentável*. Lisboa, Portugal: Universidade Lusíada Editora.
- REAES PINTO, Alberto, DIAS, Bruno Duarte (2018) - *Módulo de parede exterior pré-fabricado: A contribuição dos materiais e das tecnologias para a construção sustentável*. Universidade Lusíada Editora.
- ROSENBLOOM, Eva et al. (2023) - *Transforming existing buildings from climate liabilities to climate assets: low-embodied-carbon and carbon storing materials in building retrofits can reduce total building emissions*. [Em linha]. Boulder, CO : RMI. [Consult. 25 fev. 2024]. Disponível em WWW:<URL:<https://rmi.org/insight/transforming-existing-buildings-from-climate-liabilities-to-climate-assets/>>.
- SHOP ARCHITECTS (2024) - *Atlassian HQ* [Em linha]. New York, NY : SHoP, [Consult. 14 mar. 2024]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.shoparc.com/projects/atlassian-hq/>>.
- STAMETS, P. (2005) - *Mycelium running: how mushrooms can help save the world*. Berkeley, USA: Ten Speed Press.
- UK GREEN BUILDING COUNCIL (2020) - *Practical how-to guide: Build circular economy thinking into your projects* [Em linha]. London, UK : UK Green Building Council, 2020 [Consult. 23 jan. 2023]. Disponível em WWW:<URL:https://www.greencycle.si/wp-content/uploads/2018/03/business_guide_to_circular_construction.pdf>.









LUÍS MOREIRA PINTO¹

CITAD – Universidade Lusíada, Lisboa

lmoreirapinto.arq@gmail.com | [0000-0002-9201-0294](https://orcid.org/0000-0002-9201-0294)



ANA FIDALGO²

CITAD – Universidade Lusíada, Lisboa

anafidalg@gmail.com | [0009-0001-2522-8162](https://orcid.org/0009-0001-2522-8162)



RUBEN DE MATOS³

Universidade da Beira Interior

dmatosruben@gmail.com

CHROMATIC AND GEOMETRIC HARMONY IN ARCHITECTURE: A CONTEMPORARY PERCEPTION

HARMONIA CROMÁTICA E GEOMÉTRICA NA ARQUITETURA: UMA PERCEÇÃO CONTEMPORÂNEA

[doi 10.34628/7KQD-CS35](https://doi.org/10.34628/7KQD-CS35)

Abstract: The text examines the interplay between chromatic and geometric harmony in architecture, emphasizing how color and form shape perception, emotion, and spatial functionality. Color is presented as a psychological, cultural, and environmental tool that enhances shapes, creates atmospheres, and responds to context. Geometry, through proportion, symmetry, and rhythm, provides visual coherence and functional clarity. A historical overview shows how different periods—from ancient Egypt to Modernism and contemporary architecture—integrated color and geometry in diverse ways. Through notable architectural examples, the text highlights that the balanced combination of color and form remains essential for creating meaningful, sustainable, and emotionally resonant spaces.

Keywords: Chromatic harmony | Geometric harmony | Color theory | Proportion and symmetry | Architectural perception | Color psychology | Contemporary architecture | Form-color relationship.

Resumo: O texto explora a relação entre harmonia cromática e geométrica na arquitetura, destacando como cores e formas influenciam a percepção, a emoção e a funcionalidade dos espaços. A cor é apresentada como elemento psicológico, cultural e ambiental, capaz de reforçar formas, criar atmosferas e dialogar com o contexto. A geometria, através de proporção, simetria e ritmo, estrutura a coerência visual e funcional dos edifícios. A análise histórica mostra como diferentes períodos — do Egito ao Modernismo e à arquitetura contemporânea — integraram cor e geometria de modos distintos. O texto evidencia ainda exemplos emblemáticos e sublinha que a combinação equilibrada entre cor e forma continua essencial para criar espaços significativos, sustentáveis e emocionalmente impactantes.

Palavras-chave: Harmonia cromática | Harmonia geométrica | Teoria da cor | Proporção e simetria | Percepção arquitetónica | Psicologia da cor | Arquitetura contemporânea | Relação forma cor.



Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

Original Texto submetido à plataforma de deteção de similaridade e plágio OURIGINAL.

Os textos que constituem esta obra seguem, por decisão dos respetivos autores, a antiga ou a atual grafia.

O conteúdo desta obra é da exclusiva responsabilidade dos seus autores e não vincula a Fundação Minerva | Universidade Lusíada.

1. INTRODUCTION TO CHROMATIC AND GEOMETRIC HARMONY

Chromatic harmony in architectural design is a concept that revolves around the strategic and artistic use of color combinations that aesthetically complement each other, thereby enhancing the visual and experiential quality of a structure. This approach is grounded in the principles of color theory and plays a critical role in creating visually cohesive and appealing architectural spaces.

In the realm of color relationships, several key schemes are commonly employed. Complementary colors, which are directly opposite each other on the color wheel, can create a visually striking effect when used in architecture, especially if

¹Arquiteto, docente universitário e investigador, com uma carreira académica e científica consolidada nas áreas da Arquitetura, Urbanismo, Desenho e Teoria do Projeto. Licenciou-se em Arquitetura pela Universidade Lusíada de Lisboa em 1994 e concluiu o grau de Mestre em 1997. Em 2008 obteve o grau de Doutor em História pela Universidade Portucalense, no Porto, com a tese *History of Perception in Project Action*, centrada na relação entre perceção, conhecimento e ação projetual. Em 2021 concluiu um segundo doutoramento em Arquitetura na Universidade Lusíada de Lisboa, com a tese *The Street as a Brand: Study Case Madalena Street in Lisbon Old Town*, dedicada à rua enquanto elemento identitário, simbólico e estratégico da cidade histórica. Iniciou a sua atividade docente no ensino secundário entre 1994 e 1999, lecionando História da Arte, Design e Desenho. Em 1999 integrou a Universidade Lusófona de Lisboa como assistente no curso de Arquitetura, onde lecionou Desenho I e II. Desde 2004 é docente da Universidade da Beira Interior (UBI), onde exerce atualmente funções como Professor Auxiliar. Na UBI tem lecionado unidades curriculares de Projeto de Arquitetura e Desenho nos diferentes ciclos de estudos, bem como a área de Barreiras Arquitetónicas no Mestrado em Gerontologia da Faculdade de Ciências da Saúde. Ao longo do seu percurso académico, desempenhou diversos cargos institucionais de relevo, incluindo Diretor do Mestrado em Arquitetura (pré e pós-Bolonha), Diretor do Doutoramento em Arquitetura, Vice-Presidente do Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura, membro do Conselho Científico da Faculdade de Engenharia e Presidente de Comissões Científicas de ciclo de estudos. Atualmente é coordenador da unidade curricular de Desenho do 2.º ano e Coordenador ERASMUS. É orientador de dissertações de mestrado e teses de doutoramento desde 2007. Desenvolve investigação nas áreas da perceção espacial, projeto arquitetónico, espaço urbano e identidade territorial. É investigador integrado do CIAUD – Centro de Investigação em Arquitetura, Urbanismo e Design (FAUL/UBI), desde novembro de 2024. Possui um extenso conjunto de publicações científicas nacionais e internacionais e colabora regularmente como revisor científico em revistas e conferências académicas.

²Professora Auxiliar Convidada na Universidade da Beira Interior (UBI), onde exerce funções docentes no Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura, lecionando unidades curriculares como Geometria e Representação I e II. É também investigadora em Arquitetura e Urbanismo na UBI, integrando atividades de ensino e investigação. Doutorada em Arquitetura pela Universidade da Beira Interior, a sua tese abordou A relação estética das artes plásticas na arquitetura de Miguel Saraiva, explorando a intersecção entre expressão estética, artes plásticas e projeto arquitetónico, contribuindo para o debate teórico-crítico sobre perceção e forma no projeto arquitetónico. A sua carreira académica desenvolve-se num contexto de ensino superior e investigação com forte orientação para a conceptualização e representação arquitetónica, participando em conferências, seminários e masterclasses nas quais apresentou trabalhos relacionados com a representação, música e arquitetura. Tem também organizado e colaborado em eventos académicos e exposições, promovendo a discussão sobre temas contemporâneos do projeto e da teoria arquitetónica. Como parte do seu percurso de investigação, contribuiu com publicações e apresentações em eventos científicos de âmbito nacional e internacional, demonstrando uma produção científica consistente em domínios associados à estética, representação e teoria da arquitetura. A sua participação em conferências e eventos académicos reforça a sua presença na comunidade científica e o diálogo entre as práticas de projeto e reflexão crítica sobre arquitetura.

³Arquiteto e estudante de doutoramento na Universidade da Beira Interior (UBI). Desenvolve investigação no domínio da arquitetura e do território, com particular interesse nas dinâmicas urbanas, no planeamento e na relação entre arquitetura, espaço público e políticas locais. Paralelamente à atividade académica, exerce funções técnicas na Câmara Municipal da Covilhã, onde participa em processos de planeamento urbano, gestão territorial e intervenção no espaço construído. A sua experiência profissional na administração pública complementa a sua formação científica, contribuindo para uma abordagem integrada entre investigação, prática projetual e aplicação no contexto real das cidades.

balanced properly. Analogous colors, being adjacent on the color wheel, tend to produce a harmonious and serene effect and are often used to forge comfortable and unifying environments in architectural design. Meanwhile, triadic color schemes involve colors that are evenly spaced around the color wheel, leading to a vibrant yet balanced aesthetic in architectural applications.

Beyond mere aesthetics, the colors used in architecture significantly impact psychological responses. Tom Porter and Byron Mikellides in the book *"Colour for Architecture Today"* (2009) wrote that visual perception is an imaginative process; every time we observe our surroundings, information is sent through the optic nerve to the brain's visual cortex. Here, the observed image is rapidly reassembled and interpreted. A crucial aspect of this process is its occurrence in color – the ability to see in color is a fundamental component of the creative act of vision. How we perceive color is affected by several factors: the light source's spectral composition, the properties of the object related to absorption, reflection, and transmission, the activities within the eye and brain, and ultimately, our individual experiences.

Warm colors, like reds and oranges, may evoke feelings of warmth and activity, whereas cool colors, such as blues and greens, are often perceived as calming and soothing.

Various emotions are commonly represented by specific colors, like green symbolizing envy, red indicating anger, and blue associated with sadness (Carruthers, Morris, Tarrier, & Whorwell, 2010).

The surrounding environment and cultural context also play a crucial role in determining appropriate color schemes for buildings. This contextual use of color ensures that the building complements its surroundings and respects its cultural setting. Additionally, the interaction between light and color is vital in architecture, as natural light can significantly alter the appearance of colors throughout the day.

The materiality and texture of building surfaces further influence the perception of color. Glossy and matte finishes can alter the visual impact of colors, with glossy surfaces making colors appear more vibrant and matte surfaces lending a more subdued appearance.

Lastly, the choice of colors in architecture can also be linked to sustainability. Lighter colors, for instance, can reflect more sunlight, thereby reducing cooling costs in hot climates. Conversely, darker colors can absorb heat in colder climates, contributing to heating efficiency.

When we talk about colors, we can't avoid thinking that in architecture, colors are perceived because they are applied to surfaces. The associations between colors and emotions that consumers experience are the result of a neurological and cognitive process. This process involves the brain interpreting colors as information, which is perceived through the sense of sight (Labrecque and Milne, 2011). Without these surfaces – walls, ceilings, floors, etc. – colors would have no medium for expression or interpretation in an architectural setting. direct correlation between the shapes of

these surfaces and the colors chosen for them. This implies that the design and form of a surface can influence the choice of color, and vice versa. For example, a curved wall might be painted differently from a flat one to emphasize its shape.

Our perception assesses and understands architectural space based on a proportionality between two factors: one is the Level of Luminosity of the Surface: This refers to how much light a surface reflects or absorbs, which is directly affected by the color it is painted. Lighter colors reflect more light, making a space feel brighter, while darker colors absorb more light, which can make a space feel more enclosed.

The second factor is about the Meaning Acquired by the Shape Once Painted: The color chosen to paint a surface can alter or reinforce the perceived meaning of that surface's shape. For instance, painting a tall, narrow window a dark color might emphasize its verticality, affecting how we interpret its role in the space.

Colors engage the visual senses of consumers, and sight is regarded as the most predominant sense in humans. It means that when we talk about the importance of sight in the context of colors, we're referring to how the human sense of vision is crucial for perceiving and being influenced by colors, which is a key consideration in various applications from art and design to consumer behaviour. (Ndom, Elegbeleye and Ademoriti, 2011)

Geometric harmony in architecture is a concept that emphasizes the balanced and thoughtful integration of geometric shapes and forms to create spaces that are aesthetically pleasing, functional, and coherent. This approach is grounded in various principles of geometry and design, ensuring that architectural elements work together harmoniously.

One of the fundamental aspects of geometric harmony is the relationship between different elements of a building, known as proportion and scale. Pleasing proportions often follow specific mathematical ratios, such as the Golden Ratio, which is approximately 1:1.618. This ratio, prevalent in many natural forms, has been historically used in architecture to create visually balanced structures.

Symmetry and asymmetry play a crucial role in geometric harmony. Symmetry, where elements are mirrored on either side of an axis, creates a sense of balance and formality. In contrast, asymmetry involves balancing elements that are not identical but have equal visual weight, offering a different kind of balance that can be more dynamic and intriguing.

The repetition of geometric forms or motifs can establish a sense of rhythm and movement within a space, adding a dynamic element to architecture. This can manifest in the repeated use of shapes such as arches, columns, or window patterns, guiding the viewer's eye and enhancing the architectural narrative.

Balancing simplicity and complexity in geometric forms is another key aspect. Simple shapes can impart a sense of clarity and calm, while more complex forms can introduce interest and vitality. Architects often strive to find the right balance, catering to the building's purpose and context.

Geometric harmony also extends to the integration of a building with its environment. This might mean aligning a building's geometry with the natural landscape or designing geometric forms that complement urban surroundings, ensuring that the architecture respects and enhances its setting.

Beyond aesthetics, geometric harmony is crucial for ensuring that a building's geometry serves its intended function. This means designing spaces that are not just visually appealing but also practical and suited to their intended use, whether it's a residential home, a public building, or a commercial space.

We can say that chromatic harmony in architecture involves creating a color scheme that is not only aesthetically pleasing but also emotionally resonant and functional, taking into consideration the building's context and its environmental sustainability. And when we talk about geometric harmony in architecture, we refer about creating a sense of unity and coherence using geometric shapes and forms, encompassing aesthetic, functional, and contextual considerations to create spaces that are both beautiful and practical.

2. HISTORICAL CONTEXT

The concept of proportion in the use of colors has been a subtle yet integral part of architectural evolution. In ancient civilizations, the proportion of colors was often dictated by cultural and symbolic significance. For example, in Egyptian architecture, the amount of gold and blue used was not just a matter of aesthetic choice but also a reflection of their religious and cultural values.

During the Renaissance, the notion of color proportion took on a more disciplined approach, aligning with the era's emphasis on balance and symmetry. The Renaissance masters employed color with a keen sense of proportion, ensuring that their buildings achieved a visual harmony that complemented their geometric precision. This era demonstrated that the proportion of colors used in architecture could profoundly influence the perception of space and form.

During the Renaissance period, a significant shift occurred in architectural design, focusing more on symmetry, proportion, and the use of classical elements, rather than on the use of vibrant colors as seen in later periods. However, color was still an important aspect, often used more subtly compared to the bold applications in later architectural movements. As an example, Brunelleschi, one of the pioneering figures of the Renaissance, is known for his work on the Ospedale degli Innocenti (Hospital of the Innocents) in Florence. While the building is primarily noted for its harmonious proportions and the introduction of classical elements like columns and round arches, color played a subtle yet integral role in its design. Brunelleschi used a limited palette that complemented the architectural forms, with the use of grey stone and terracotta elements. The blue and white glazed terracotta tondi added subtle color accents to the façade, enhancing the building's aesthetic appeal without overwhelming the ar-

chitectural design. This use of color in the Ospedale degli Innocenti is a fine example of the Renaissance approach, where color served to accentuate and harmonize with the building's geometric forms, rather than dominate the design.

This approach to color in the Renaissance period was more about complementing the architectural forms and contributing to the overall sense of harmony and proportion that was central to the Renaissance aesthetic, rather than using color as a primary expressive element.

In the Baroque period, the dramatic and emotive use of color was often achieved by carefully balancing intense colors with more neutral tones, maintaining a visual proportion that heightened the overall impact of the architectural design. The proportion of bold colors to more subdued hues was meticulously planned to create the desired dramatic effect.

The 19th and early 20th centuries saw further exploration of color proportion. Art Nouveau, with its vibrant and organic forms, often employed a balanced proportion of vivid colors against more muted backgrounds, creating a sense of harmony amidst the flamboyance. Conversely, the Bauhaus and Modernist movements later adopted a more restrained palette, where the proportion of color was minimal yet impactful, adhering to their principles of functionalism and simplicity.

In contemporary architecture, the proportion of colors is often a reflection of both aesthetic and functional considerations. Architects use color proportion to create spaces that are not only visually appealing but also conducive to their intended use. For example, in spaces meant for relaxation or contemplation, the proportion of cool, subdued colors might be higher, whereas vibrant and contrasting colors may be used more proportionately in spaces designed for interaction and energy.

Antoni Gaudí's Casa Batlló in Barcelona, built between in the beginning of the 20 Century, is a testament to his unique style, characterized by vibrant colors and organic forms. The building's façade, created using the *trencadís* technique of broken ceramic tiles, is a striking example of Gaudí's innovative use of color in the early 20th century. Similarly, Le Corbusier's La Tourette Monastery in France, constructed in the end of 50s, from the 20 century, reflects his functional use of color. He employed a bold palette, including primary colors for windows, doors, and floors, to distinctly define different spaces within the modernist structure.

Frank Lloyd Wright's Fallingwater in Pennsylvania, built almost in the beginning of 40's, from last century, showcases his approach to using colors that complement the natural surroundings. The color scheme of Fallingwater blends seamlessly with the site's natural elements, harmonizing the building with its environment in the late 1930s. In Mexico City, Luis Barragán's house and studio, completed in 1947, are renowned for their vivid colors. Barragán's design, featuring vibrant pinks, oranges, and yellows, creates spaces that are simultaneously dynamic and tranquil.

At the beginning of the 21st Century, Zaha Hadid's Rosenthal Center for Contemporary Art in Cincinnati demonstrates her futuristic design approach, with a stark black and

white exterior that contrasts sharply with the colorful art installations inside, marking a distinct early 21st-century architectural innovation. In 2005, Jean Nouvel's Agbar Tower in Barcelona introduced a color-changing façade equipped with LED lights capable of displaying over 16 million colors, making it a dynamic element of Barcelona's skyline.

That same year, Herzog & de Meuron's Allianz Arena in Munich, with its innovative façade of illuminated ETFE plastic panels, showcased their application of color-changing technology in architecture. More recently, in 2016, the Bjarke Ingels Group's VIA 57 West in New York, primarily featuring a glass façade, incorporated color into the courtyard and interior spaces. Using a palette inspired by natural elements, they created warm and inviting living spaces.

In essence, the historical journey of color use in architecture is not just about the colors themselves but also about their proportionate application. This aspect of chromatic harmony is crucial in achieving the desired aesthetic, emotional, and functional outcomes in architectural design, demonstrating that the power of color lies not only in its presence but also in its proportional balance within the architectural canvas. Between painted colors or lighting colors.

3. PRINCIPLES OF COLOR THEORY IN ARCHITECTURE

In the realm of architectural design, color is not merely a decorative element but a fundamental aspect that shapes the experience, mood, and identity of a space. This chapter delves into the principles of color theory as applied in architecture, examining how the color wheel, color harmony, and contrast are utilized to create meaningful and engaging environments.

THE COLOR WHEEL IN ARCHITECTURAL CONTEXT

The color wheel is a pivotal tool in understanding color relationships in architectural design. Originating from Isaac Newton's color circle, the modern color wheel includes primary (red, blue, yellow), secondary (green, orange, violet), and tertiary colors. In architecture, the color wheel aids in the selection of palettes that are coherent and aesthetically pleasing. The strategic use of this spectrum can influence the visual impact and ambiance of a structure.

HARMONIZING ARCHITECTURE WITH COLORS

Color harmony in architecture is achieved through balanced and appealing color combinations. Harmony can be attained in several ways:

Complementary Colors: This approach involves using colors that are opposite each other on the color wheel. The use of complementary colors, such as blue and orange, introduces a vibrant and energetic quality to architectural spaces, often used to create focal points or highlight structural elements.

Analogous Colors: These are colors adjacent to each other on the color wheel. In architectural design, analogous colors, like variations of blue and green, can evoke a sense of tranquility and natural flow. This scheme is often employed in spaces designed for relaxation and contemplation.

Triadic Colors: This scheme consists of three colors that are evenly spaced on the color wheel. The use of triadic colors can create a lively yet balanced environment, suitable for spaces that require dynamism without visual overload.

CONTRAST: DEFINING SPACES AND ELEMENTS

Contrast in color theory is a powerful tool for defining and differentiating spaces within architecture. High contrast, involving colors that are far apart on the color wheel, can dramatize and accentuate architectural features. Conversely, low contrast, with closely related colors, can unify and soften the overall look of a space. Strategic use of contrast can guide the viewer's eye and enhance the architectural narrative.

COLOR IN MOOD AND PERCEPTION

The psychological impact of color is a critical consideration in architectural design. Warm colors, such as reds and oranges, are associated with energy and warmth, making them suitable for spaces that encourage activity and interaction. Cool colors, like blues and greens, are perceived as calming and restorative, ideal for serene environments such as healthcare facilities and residential areas.

ARCHITECTURAL IDENTITY THROUGH COLOR

Color is a defining element in establishing the identity of a building. A well-considered color scheme can make a structure iconic, enhance its branding, or reflect its function. For instance, educational buildings might utilize stimulating colors to encourage creativity and alertness, whereas corporate buildings may opt for more subdued, professional tones.

In summary, the application of color theory in architecture transcends aesthetic considerations, playing a pivotal role in shaping the user's experience. By skillfully applying principles of the color wheel, harmony, and contrast, architects can create spaces that not only appeal to the senses but also serve their intended purpose, reflecting the ethos and identity of the structure.

4. GEOMETRIC CONCEPTS IN MODERN ARCHITECTURE

In contemporary architectural discourse, the application of geometric principles extends beyond mere aesthetic enhancement, serving as a foundational element in the creation and interpretation of modern structures. This chapter explores how sym-

metry, proportion, and the golden ratio, key geometric concepts deeply rooted in historical architectural practices, are ingeniously recontextualized in the fabric of modern architecture.

Symmetry, traditionally associated with balance and harmony, has been a long-standing principle in architectural design. Its role in modern architecture, however, transcends conventional applications, often serving as a bridge between historical context and contemporary innovation. A quintessential example is I. M. Pei's Louvre Pyramid in Paris. This structure demonstrates an exemplary integration of symmetrical design, marrying the classical symmetry of its historical surroundings with a distinctly modern form. The result is not merely a fusion of styles but a dialogue between eras, achieved through the strategic application of symmetrical design principles.

Proportion, another fundamental aspect of architectural design, involves the relationship of different parts of a structure to each other and the whole. In modern architecture, the manipulation of proportions is often employed to challenge traditional perspectives and create unique spatial experiences. The Shard in London, designed by Renzo Piano, is a paradigmatic example. Its elongated, tapering form redefines urban scale and perspective, illustrating how contemporary architects utilize proportion to craft visually striking and contextually harmonious structures.

The golden ratio, approximately 1.618, is a mathematical principle historically associated with aesthetically pleasing compositions. Its utilization in modern architecture underscores a continuity with past architectural practices, harmonizing form and function. Norman Foster's design of 30 St Mary Axe, commonly known as The Gherkin, in London, exemplifies the modern application of the golden ratio. The building's curved geometry and spiralling design elements resonate with this ratio, underpinning a design that is both visually appealing and functionally efficient. The application of the golden ratio in The Gherkin illustrates the enduring relevance of this principle in contemporary architectural design, providing a link between innate human perceptions of beauty and modern construction.

In summary, the integration of geometric concepts such as symmetry, proportion, and the golden ratio in modern architecture is not merely a continuation of historical practices but a reinterpretation and reapplication in contemporary contexts. These principles contribute to the creation of buildings that are visually appealing, functionally effective, and contextually relevant. Modern structures like the Louvre Pyramid, The Shard, and The Gherkin are emblematic of how geometric harmony is achieved in contemporary architecture, blending timeless principles with innovative design to create spaces that resonate with both the past and the present. As the field of architecture evolves, the strategic application of these geometric concepts will continue to play a crucial role in shaping the built environment.

5. RESEARCH EXPERIENCE: WORKSHOP - SHAPING URBAN ARCHITECTURAL SPACES THROUGH GEOMETRIC AND CHROMATIC EXPERIENCES

Urban areas are increasingly employing digital tools, including mobile and computer apps, to promote their events and activities. These technologies also serve to showcase the city's offerings on a global stage, drawing more visitors. Considering recent periods of isolation, there's a growing need to reimagine urban spaces to encourage people to return to public life and engage in community activities. Strolling through a city's streets immerses us in diverse emotional experiences shaped by the unique ambiances of different areas. The design and nuances of each urban space evoke a tapestry of memories, intertwining with our personal histories and cultural backgrounds. This is precisely why the streets that resonate with some individuals may not be the same ones favoured by others.

The appreciation of urban art among the public has surged recently. What was once viewed as a rebellious act is now acknowledged as a legitimate artistic form. A prime example is the artist Vills, who evolved from making unauthorized art in derelict buildings to becoming a globally recognized artist, celebrated for his artistic and creative flair. Urban art has played a pivotal role in transforming neglected or unsavoury urban areas into trendy hubs of fashion and nightlife. These spaces have turned into popular city "hotspots", attracting visitors, boosting local businesses, and revitalizing the footfall in areas where such art is present (Jenks, A., 2020).

For this reason, we believe that architectural education should encourage students to understand the importance of bringing people back to the streets of empty urban centers, revitalizing them. Therefore, we have designed a workshop aimed at promoting the street and attracting people to experience new aesthetic encounters, transforming the street into a city hotspot. Tourism capitalizes on these emblematic locations, transforming them into visual representations that eventually emerge as strong attractions, drawing visitors to experience and enjoy these sites. (Jenkins, 2003) In this workshop, students should understand and research about the importance of the meaning of shapes and colors at the urban place. They should create an iconic place, itself a hotspot of the street. Henri Bergson (1859-1941) theorized that memories are tied to specific instances or human activities and are associated with a form of representation. These representations are closely connected to the symbols that act as landmarks for a city, distributed throughout its area.

Innovative thinking and the adoption of advanced technologies are crucial for restructuring urban areas, focusing on traffic management, safety regulations, and circulation policies. Additionally, inventive approaches are needed to rebuild trust and allure, drawing locals and tourists alike to urban centers. This will be instrumental in revitalizing trade and the broader economy. Artificial intelligence is set to become increasingly pivotal in this process, and it will be essential to keep this technology updated. Instagram, leveraging the internet, stands as a vital application connecting

people globally, and numerous cities are utilizing it to enhance their global presence. The platform boasts over a billion active users each month, with daily shares exceeding 95 million photos and videos. These posts collectively attract over 4.2 billion 'likes'. (Davis, 2020.)

The increasing influence of Instagram on city marketing is a notable phenomenon in today's digital age. This social media platform has become a powerful tool for cities to showcase their attractions and unique qualities, appealing to potential visitors. Individuals are now more inclined to visit photogenic locations in cities, seeking Instagram-worthy experiences. Consequently, city marketing strategies are evolving to capitalize on Instagram's reach and visual appeal, focusing on creating picturesque spots and engaging with influencers. Beyond individual experiences, Instagram's role in the broader context of information sharing and communication is significant, marking a shift in how cities interact with their audience and share their stories in the digital world. (Frikkee, 2019)

The Stockholm School of Economics posits that art, through its sensuous capacity and the employment of artistic tools, not only stimulates and challenges but also fosters critical thinking and a deeper comprehension of ourselves within a societal framework (Stockholm School of Economics, 2018). Our study adopts a similar stance, offering a strategy for Urban Architectural Design through the lens of geometric forms and their influence on human emotion.

Our exploration hinges on the interpretive interaction between spatial design and emotional response, emphasizing the role of architectural geometry, urban planning, and the significance of historical and heritage structures in juxtaposition with cultural landmarks. This approach underscores the synergy between the tangible and intangible aspects of urban spaces, advocating for a dialogue that enhances the memory and emotional resonance of a place.

To delve deeper into the influence of shapes and colors on mood, we initiated the workshop "Shapes and Colors Vs Mood" in 2016, targeting two distinct age groups: children aged 6 to 11 and university students aged 18 to 30. The objective was to identify the ideal color for each primary geometric shape based on its impact on mood.

Participants were instructed to draw three fundamental shapes – triangle, square, and circle – and articulate the emotions these shapes evoked. They were then asked to identify the shape that represented happiness, calmness, and irritation the most. Following this, a similar exercise was conducted with colors, focusing on the primary hues of red, blue, and yellow, and their associated moods.

Subsequently, an open discussion led to a consensus on the most suitable color for each shape. This exercise paralleled an online survey conducted with a broader demographic, encompassing 120 individuals of varying ages and genders.

Ellen Lupton, in "el ABC de la Bauhaus," (2008) asserts that our perception of the world is intricately linked to our cultural background. The first objects we encounter are categorized in our minds under various subjects, each containing numerous 'files'

or memories. This theory suggests that the responses from our workshop and survey are deeply intertwined with individual cultural backgrounds and the plethora of images stored in one's memory.

Conducted in Lithuania, Poland, Portugal, Italy, and Latvia, the workshop began with participants drawing the three primary shapes and discussing their emotional connotations. This evolved into a more hands-on activity where participants created 'happy' shapes using cardboard cutouts of triangles, squares, and circles, which were then painted in primary colors.

Initially approached with hesitation, the exercise soon sparked lively discussions, as participants interpreted the shapes through various emotional lenses. The session culminated in individual presentations of their creations (Fig.1).

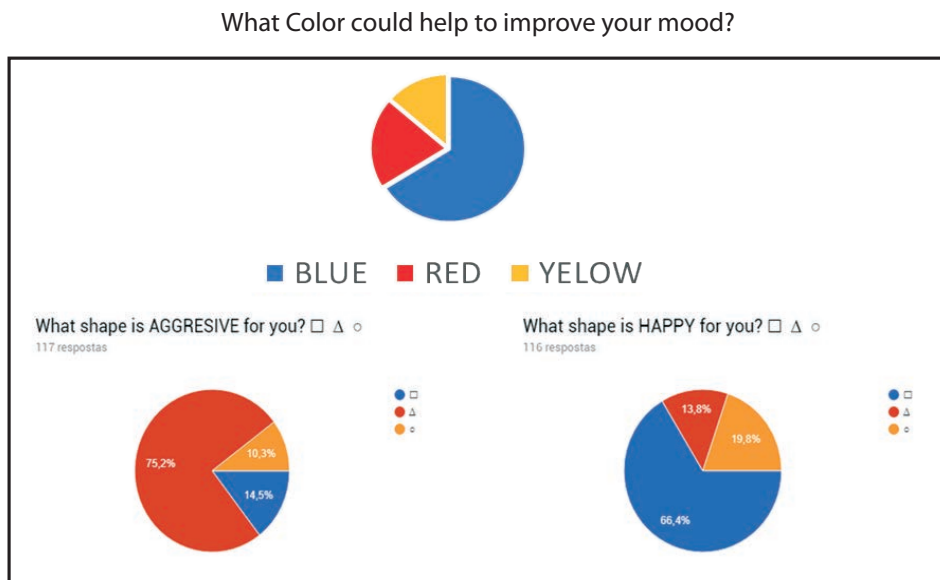


Figura 1 - Mood meaning about shapes and colors – On-line survey (Luis Pinto, March 2018)

An intriguing observation emerged regarding the color association with shapes. A significant majority associated the triangle with the color yellow, a deviation from the common perception of yellow as a 'happy' color. The brightness of yellow, juxtaposed with the sharp, potentially discomforting angles of the triangle, led to an unexpected correlation where the vividness of the color was perceived as equally jarring.

This workshop not only provided insightful data for our urban architectural strategy but also highlighted the profound impact of geometric shapes and colors on human emotion, underlining their importance in shaping the mood and memory of urban spaces.

After our starting research, we decided to create a teaching methodology in such a way that we could check results, in real time, about the link between colors and shapes and the way to promote a street.

Art, serving as a symbol of urban identity, holds the ability to enhance and engage with communal enjoyment, as it resonates on a scale that is perceptible and relatable to humans. Additionally, art fosters local culture and possesses the potential to cultivate and advance the area or region in which it is situated. (Gardner, 2012)

The “Color and Geometry in Architecture: Enhancing Mood and Visual Appeal in Urban Spaces” workshop is a three-day educational event designed for architecture students. It uniquely combines the study of color theory, psychological impacts of architectural shapes, and the latest social media trends to guide the creation of visually appealing and emotionally engaging urban spaces. The workshop begins with an introduction to color theory and the psychology of colors, exploring how different hues can influence emotions and behaviours. This is followed by a session on geometric shapes in architecture and their impact on visual perception.

Participants will engage in practical activities including the use of software tools and physical models to design projects, emphasizing the use of color and geometry. These sessions are enriched by guest lectures from experienced urban designers and architects who share real-world applications and case studies. The workshop (Fig.2) also delves into the strategies for using colors and shapes to enhance mood and well-being, along with a focus on making urban spaces more ‘Instagrammable’, aligning them with current digital trends.



Figura 2 - Example of student's workshop results, UBI University, Portugal, November of 2023.

The final day of the workshop is dedicated to group projects (Fig.3), where students collaborate to redesign a given urban space, incorporating the concepts learned. These designs are then presented to peers and instructors for feedback. The workshop is designed to be interactive and multidisciplinary, featuring a blend of lectures, hands-on activities, field trips, and discussions with experts. It aims to provide the students with practical skills and knowledge that are directly applicable to modern urban design and digital trends in architecture.



Figura 3 - Example of student's workshop results, UBI University, Portugal, November of 2023.

After the workshop results, we developed a SWOT analysis (Table 1) for the proposed workshop “Color and Geometry in Architecture: Enhancing Mood and Visual Appeal in Urban Spaces” involves evaluating its Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats. We concluded that while the workshop has strong potential benefits in terms of relevance, practical learning, and industry engagement, it must also navigate challenges related to resources, content balance, and adapting to rapidly changing technology and social media landscapes.

The workshop presents a promising opportunity to equip architecture students with contemporary skills that blend traditional architectural design with emerging trends in psychology and social media. The workshop's innovative focus on the interplay between colors, geometric shapes, and human emotions in urban spaces sets it apart, offering a unique and multidisciplinary learning experience. The practical and

interactive approach, coupled with expert involvement, ensures that the learning is both engaging and grounded in real-world applications.

However, the workshop faces challenges, primarily in terms of resource requirements and time constraints. Ensuring that the workshop content is comprehensive yet feasible within the allocated time frame, and balancing the need for adequate resources with accessibility, will be crucial for its success. Additionally, the potential overemphasis on aesthetic elements at the cost of practical functionality needs careful consideration to maintain a balanced approach in urban design education.

Opportunities for collaboration with industry and expansion to online platforms can significantly enhance the workshop's reach and impact. These collaborations could not only provide practical insights and resources but also open up avenues for future employment and research for the participants.

On the threat front, staying current with rapid technological advancements and shifting social media trends will be essential to keep the workshop relevant and appealing. The competitive landscape also calls for continuous innovation and differentiation in the workshop's content and delivery.

In summary, the workshop is well-positioned to offer valuable insights and skills to architecture students, preparing them for the evolving demands of urban design. By addressing its weaknesses and threats while capitalizing on its strengths and opportunities, the workshop can become an influential educational program that shapes future architects capable of creating spaces that are not only visually stunning but also emotionally resonant and socially relevant, also we can underscore the complex relationship between color, surface, and perception in architecture. The results suggests that our understanding and judgment of architectural spaces are influenced not just by the colors and shapes themselves, but by how these elements interact, particularly in terms of light and visual emphasis.

Strengths	Weaknesses
Innovative Focus: Unique blend of architectural design, psychological aspects, and social media trends.	Resource Intensive: Requires significant resources for tools, trips, and speakers.
Practical and Interactive Approach: Hands-on sessions with tools, models, and field trips.	Time Constraints: Limited time for in-depth understanding of broad topics.
Multidisciplinary Perspective: Insights from architecture, psychology, and social media.	Potential Overemphasis on Aesthetics: Risk of prioritizing visuals over functionality.
Expert Involvement: Guest lectures and discussions with professionals.	Participant Diversity: Might attract a niche audience, limiting appeal.
Enhanced Employability: Skills applicable to modern urban design projects.	

Opportunities	Threats
Emerging Trends in Urban Design: Interest in creating 'Instagrammable' spaces.	Technological Obsolescence: Rapid changes in tools and social media trends.
Collaboration with Industry: Partnerships for internships or sponsorships.	Competing Workshops: Increased competition from similar workshops.
Publicity and Brand Building: Unique nature can attract media attention.	Economic Factors: Budget cuts could affect funding and feasibility.
Expansion to Online Platforms: Wider reach and engagement through online versions.	Changing Social Media Dynamics: Shifts in trends could reduce relevance.

Table 1. SWOT analysis for the proposed workshop “Color and Geometry in Architecture: Enhancing Mood and Visual Appeal in Urban Spaces”

6. CONCLUSION

The meaning of colors and their direct relationship with geometric shapes has always been a constant throughout the history of architecture. Colors have always played a fundamental role in the architectural space.

The essay “Chromatic and Geometric Harmony in Architecture - A Contemporary Perception” comprehensively explores the intricate relationship between colors, geometric shapes, and their impact on architectural spaces, culminating in a practical application through a workshop. The conclusion, drawing on the rich historical context and theoretical foundations presented, emphasizes the enduring significance of color and geometric shapes in architecture.

Throughout history, colors and shapes have been instrumental in defining the aesthetic, emotional, and functional aspects of architectural spaces. From the symbolic use of colors in ancient civilizations to the disciplined application during the Renaissance, and the dramatic expressions in the Baroque period, the essay traces how these elements have evolved to complement architectural forms and contribute to the overall sense of harmony. In contemporary architecture, this tradition continues, with color and geometry playing pivotal roles in creating spaces that are not only visually appealing but also functional and emotionally resonant. The color in our environment stands out as one of the most distinct aspects affecting our perception. It is also among several elements that enhance the aesthetic appeal of urban design.

The workshop “Color and Geometry in Architecture: Enhancing Mood and Visual Appeal in Urban Spaces” builds on these concepts, offering a unique educational experience for architecture students. By combining theoretical knowledge with practical application, the workshop underscores the importance of color theory and geometric principles in modern urban design. It also addresses the challenges of adapting to rapidly changing technology and social media trends, suggesting opportunities for collaboration and innovation.

In conclusion, the essay and the accompanying workshop underline the timeless relevance of chromatic and geometric harmony in architecture. They highlight the need for architects to not only create visually stunning spaces but also consider the emotional and social impact of their designs. By bridging historical insights with contemporary applications, the essay and workshop offer a comprehensive view of the critical role colors and shapes play in shaping our built environment, preparing future architects for the evolving demands of urban design.

ACKNOWLEDGEMENTS

“This work was supported by FCT - Fundação para a Ciência e Tecnologia, I.P. by project reference <UIDB/04026/2020> and DOI identifier <10.54499/UIDB/04026/2020 (<https://doi.org/10.54499/UIDB/04026/2020>)>.”

REFERENCES

- BERGSON, H. (1999), *Matéria e memória*. São Paulo: Martins Fontes.
- CARRUTHERS, H. R., MORRIS, J., TARRIER, N., & WHORWELL, P. J. (2010). The Manchester color wheel: Development of a novel way of identifying color choice and its validation in healthy, anxious and depressed individuals. *BMC Medical Research Methodology*, 10 (1), 1–13.
- DAVIS, N., *Instagram marketing in 2020: The do's and don'ts of posting and driving engagement*, I. - I. Center, Ed., 2020.
- FRIKKEE, I., "The increasing influence of Instagram at city marketing," Medium.com, 5 May 2019. [Online]. Available: <https://medium.com/@isabel.frikkee/the-increasing-influence-of-instagram-at-city-marketing-e97fd401c3d4>. [Accessed 4 June 2022].
- LINTON, H. (2003). *Color in Architecture: Design Methods for Buildings, Interiors, and Urban Spaces*. McGraw-Hill Publisher
- GARDNER, H. T., (2012) *Beauty, and goodness reframed*, New York : Basic Books.
- LABRECQUE, L.I. and MILNE, G.R. (2011) Exciting Red and Competent Clue: The Importance of Color in Marketing. *Journal of Academy of Marketing Science*, 40, 711-727.
- LUPTON E. and MILLER A. (2019), *O Abc da Bauhaus. A Bauhaus e a teoria do design*, Editorial Gustavo Gili
- JENKS, A. (2020). A arte urbana e o renascimento de espaços degradados. *Arte Urbana*, 10(2), 11-17.
- JENKINS. O. (2003), "Photography and travel brochures: The circle of representation," *Tourism Geographies*, vol. 5, no. 3, pp. 305-328.
- NDOM, R.E., ELEGBELEYE, A. and ADEMOROTI, A. (2011) The Effect of Colour on the Perception of Taste, Quality and Preference of Fruit Flavored Drinks. <http://www.readperiodicals.com/201109/2464158461.html>
- ELAM, K. (2001). *Geometry in Architecture: Studies in Proportion and Composition*. Princeton Architectural Press.
- PALLASMAA, J. (2012). *The Eyes of the Skin: Architecture and the Senses*. Wiley Publisher; 3rd edition.
- PORTER Tom and MIKELLIDES Byron (2009), *Colour for Architecture Today*, Taylor & Francis Published









ANTÓNIO CAMPINOS POÇAS¹

CITAD – Universidade Lusíada, Lisboa

✉ 13000657@lis.ulusiada.pt | 0009-0007-8793-0401

A FÓRMULA PARA GANHAR O THE PRITZKER ARCHITECTURE PRIZE – UM PROCESSO DE APROXIMAÇÃO A UM RESULTADO IRRESOLÚVEL COMO OPORTUNIDADE PARA DESCOBRIR O INTERESSE PELO ESTUDO DA TEORIA DE ARQUITECTURA²

THE FORMULA FOR WINNING THE PRITZKER ARCHITECTURE PRIZE – A PROCESS OF APPROACHING AN UNSOLVABLE RESULT AS AN OPPORTUNITY TO DISCOVER AN INTEREST IN THE STUDY OF ARCHITECTURAL THEORY

10.34628/PV21-W591

Resumo: O texto propõe uma reflexão, usando a linguagem matemática como metáfora visual, sobre como se desenvolve o raciocínio na arte de projetar e construir edifícios. Percorrendo mais de dois mil anos de pensamento arquitetónico e destacando apenas alguns autores e teorias marcantes na tradição ocidental, procura identificar as variáveis fundamentais que moldam a disciplina — quase como uma equação que pudesse revelar a “fórmula” para ganhar o Prémio Pritzker. Trata-se, no fundo, de um exercício teórico e formal que explora a aplicabilidade da estrutura da comunicação matemática escrita como método para despertar o interesse pela Teoria da Arquitetura e pelo estudo aprofundado dos seus principais contributos.

Palavras-chave: Pritzker architecture prize | Firmitas | Utilitas | Venustas.

Abstract: The text offers a reflection, using mathematical language as a visual metaphor, on how reasoning develops in the art of designing and constructing buildings. Spanning over two thousand years of architectural thought and highlighting just a few key figures and theories in the Western tradition, it seeks to identify the fundamental variables that shape the discipline — almost like an equation that might reveal the ‘formula’ for winning the Pritzker Prize. It is, in essence, a theoretical and formal exercise that explores the applicability of the structure of written mathematical communication as a method for sparking interest in the Theory of Architecture and the in-depth study of its main contributions.

Keywords: Pritzker architecture prize | Firmitas | Utilitas | Venustas.

¹ Arquitecto pela Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa (1993), Mestre em Teoria de Arquitectura pela Universidade Lusíada (2002), pós-graduado em Gestão pelo Indeg-Iscte (MBA Intensive Program 2008). Na sua actividade académica, foi monitor na Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa, Assistente na Faculdade de Arquitectura e Artes da Universidade Lusíada e Professor Convidado na Facoltà di Ingegneria della Università Degli Studi di Trento. É regularmente professor e crítico convidado em universidades estrangeiras, incluindo

Università Iuav di Venezia, ETH Zurich, TUM Die Technische Universität München e Auburn University School of Architecture, Planning and Landscape Architecture, em matérias centradas na convergência entre arquitectura, espaço público, sistemas urbanos e paisagem. Na sua actividade profissional tem integrado equipas responsáveis pela elaboração de estudos e projectos de desenho urbano, espaço público, arquitectura, paisagem e desenvolvimento territorial. Investiga e actua em desenvolvimento de territórios em Portugal e no estrangeiro.



Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

Ouriginal Texto submetido à plataforma de deteção de similaridade e plágio OURIGINAL.

Os textos que constituem esta obra seguem, por decisão dos respetivos autores, a antiga ou a atual grafia.

O conteúdo desta obra é da exclusiva responsabilidade dos seus autores e não vincula a Fundação Minerva | Universidade Lusíada.

notas:

1. esta comunicação considera a Universidade Lusíada de Lisboa simultaneamente como lugar de investigação e lugar de ensino, aproveitando a oportunidade apresentada pelo 6º Seminário Internacional de Arquitectura e Matemática – As Fórmulas na Arquitectura para procurar contribuir para aumentar a curiosidade e o interesse pelo estudo da razão de ser das coisas;
2. o autor escreve segundo a antiga ortografia;
3. com excepção das frases de abertura e fecho do artigo, optou-se por manter apenas no original em inglês e francês todas as outras citações;
4. agradece-se a importante contribuição das Senhoras Professoras Dr.^a Elsa Negas (Lic. Gestão e Mestre em Investigação Operacional FC/UL) e Dr.^a Sofia da Conceição Carvalho Piçarra (Lic. Matemática, ramo de formação educacional e Mestre em Ensino de Matemática FCT/UNL) na aferição da inteligibilidade das fórmulas em função da informação que pretendem veicular.

notes:

1. this communication considers Universidade Lusíada de Lisboa simultaneously as a place of research and a place for learning, taking advantage of the opportunity presented by the 6th International Seminar of Architecture and Mathematics to seek to contribute to increase curiosity and interest in studying the reason for being of things;
2. pritzker architecture prize;
3. with the exception of the opening and closing quotations, it was an option to keep in english and french in original all the other quotations along the text.

MOTE

“A picture may be worth a thousand words, a formula is worth a thousand pictures”¹ (DIJKSTRA, 1996).

NOTA INICIAL:

Há 2400 anos uma pessoa a quem chamaram Hermógenes terá afirmado em grego que todas as palavras de uma língua resultam de um acordo entre determinadas pessoas, dependendo do “costume e do hábito daqueles que, ordinariamente, impõem os nomes.” (PLATÃO, [s.d.]).

I.

Escrita em latim, presumivelmente há 2050 anos, organizada em 10 volumes, atribui-se a Marcus Vitruvius Pollio (80-70 a.C. – 15 a.C.) a obra “De architectura”. Para

¹ Em inglês no original; “Uma imagem pode valer mais de mil palavras, uma fórmula vale mais de mil imagens.” (tradução nossa).

Vitruvius, que era romano, seguramente sabia ler grego e considerava que o trabalho artístico (Ta) implicava a obra (Oa) e a dimensão teórica que a constituía [$DtOa$]:

$$Ta \Rightarrow Oa \wedge DtOa$$

, uma Obra de Architectura (Oa) resultava de três variáveis fundamentais: Firmitas (F), Utilitas (U), Venustas (V)²:

$$O_2 = f(F, U, V)$$

Fixando-se a atenção de Vitruvius na avaliação objectiva de obras construídas considerando estas três variáveis, é importante termos presente que à época a beleza, como a firmeza e a utilidade, era perfeitamente mensurável e de valor absoluto (faz-se notar que neste contexto valor absoluto é uma variável quantitativa numa escala de razão):

$$Oa = | f(F, U, V) |$$

Passaram-se 1470 anos (cerca de 60 gerações) e, mais recentemente, há cerca de 580 anos (cerca de 23 gerações), Leonis Baptistae Alberti (1404-1472), terá por sua vez escrito também em latim e também em 10 volumes, uma obra chamada “De Re Aedificatoria”, na qual tomou a liberdade de sugerir aos architectos como é que as obras de architectura deveriam ser construídas. Reformulando ligeiramente a formulação de Vitruvius, Alberti terá preferido alterar a ordem das duas primeiras variáveis colocando Utilitas (U) antes de Firmitas (F), e ainda substituir a palavra Venustas (V) pela palavra Amoenitas, subdividindo-a por sua vez nas palavras Pulchritudo (P) e Ornamentum (O)³:

$$Oa = | f[U, F, (P, O)] |$$

Por esta mesma altura Johannes Gutenberg (ca. 1400 – 1468) revolucionou a imprensa e a aprendizagem e o “De Re Aedificatoria” terá sido o primeiro livro impresso sobre architectura.

130 anos depois (há 18 gerações), Andrea di Pietro della Gondola (1508-1580), a quem foi dado mais tarde o apelido de Palladio, escreveu em italiano e publicou, há cerca de 450 anos, a obra em 4 volumes “I Quattro Libri dell’Architettura”, abordando o seu próprio trabalho como architecto e as suas investigações sobre outras obras de architectura. Palladio terá aceite a formulação de Vitruvius e a alteração de ordem sugerida por Alberti em latim, mas mantendo as três variáveis originais e formulando agora em italiano⁴, dando origem à primeira equivalência desta reflexão:

² Trazendo estas palavras do latim à língua portuguesa, temos: F Firmitas = solidez, consistência, estado robusto; firmeza de carácter, autoridade; U Utilitas = utilidade, proveito, interesse, vantagem; necessidades; V Venustas = beleza física, graça, garbo, elegância; felicidade, alegria, agrado.

³ Trazendo também estas três palavras do latim à língua portuguesa, temos: A Amoenitas = prazer, **en-canto**, beleza, amenidade, delícia; amor, bem; P Pulchritudo = **beleza**, beleza moral, excelência; O Ornamentum = equipamento, aprestos, meios de acção; **ornamento**, beleza de expressão.

⁴ Acrescentando à nossa reflexão uma nova língua, a italiana, e as três novas palavras Comodità (Co), Per-

$$Oa = | f(U,F,V) | \Leftrightarrow Oa = | f(Co,Pe,Be) |$$

Tal como antes a obra "*De Re Aedificatoria*" e, entretanto, muitas outras mais antigas inicialmente manuscritas como as de Platão e *Vitruvius*, a obra "*I Quattro Libri dell'Architettura*" foi impressa.

50 anos depois, há 400 anos (há 16 gerações), *Henry Wotton* (1568-1639), que viajou pela península itálica seguramente lendo as obras de *Alberti* e de *Palladio* e serviu como embaixador em Veneza, fez uma tradução livre da obra de *Vitruvius* "*De Architectura*" publicando a obra "*The Elements of Architecture*" (1624), onde escreve em língua inglesa:

"well building hat three conditions: firmness, commodity and delight",

na qual considera as duas primeiras variáveis como pré-requisito da terceira e, dada a ordem das variáveis e a palavra inglesa escolhida para designar a terceira variável, dá a entender que a sua formulação pode resultar da conjugação da fórmula latina de *Vitruvius* com a formulação italiana de *Palladio*, originando a segunda equivalência e terceira reformulação da nossa reflexão⁵:

$$\begin{aligned} Oa &\Leftrightarrow Wbu \\ De &= f(Fi, Cm) \\ Wbu &= f(De) \\ Wbu &= f(De) \circ f(Fi, Cm) \end{aligned}$$

Apesar das alterações na ordem das variáveis, da amplitude dos significados e das especificidades idiossincráticas de cada língua, durante 1920 anos (77 gerações) o número de variáveis manteve-se estável e as 4 formulações com resultados aproximados

II.

Há cerca de 270 anos (11 gerações), o acumular de um grande conjunto de reflexões, estudos e investigações, filosóficas, sociais, científicas e tecnológicas realizadas em vários países e em várias línguas, resulta na integração de duas novas variáveis, na desagregação e desenvolvimento de variáveis isoladamente, e no aumento da problematização em torno de todas elas:

Alexander Gottlieb Baumgarten (1714-1762), que além de pensar, falar e escrever em alemão também terá aprendido hebraico e latim, terá estudado e ter-se-á doutorado em filosofia, trouxe a palavra em latim *aesthetica* para o domínio do gosto, dando azo à avaliação subjectiva de *Venustas* (V), ponderada em função do ponto de vista de um sujeito (ps):

petuità (Pe) e *Bellezza* (Be), trazendo-as do italiano também à língua portuguesa, temos: *Commodità* = Conforto; *Perpetuità* = Perpetuidade; *Bellezza* = Beleza.

⁵ Com a entrada na nossa reflexão destas cinco novas palavras, trazendo-as do inglês à língua portuguesa, temos: *Well building* (Wbu) = construir bem; *Firmness* (Fi) = firmeza; *Commodity* (Co) = utilidade; *light* (De) = prazer.

$$Un = \{\text{sujeitos observadores da obra}\}$$

$$V = f(ps), s \in Un$$

Immanuel Kant (1724-1804), que terá entrado na universidade com 16 anos também para estudar filosofia e lá terá ficado ao longo de toda a sua actividade tendo sido *full-professor* de lógica e metafísica, ter-se-á interessado também por matemática, física e geografia e terá considerado que o sujeito consciente (*s*) *conhece o objecto da experiência (Oa) não como este é em si, mas apenas como se lhe apresenta [i(Oa)] e em função da sua sensibilidade (sens)*:

$$Oa \neq i(Oa)$$

$$ps = g(sens)$$

$$V = f(ps) \circ g(sens)$$

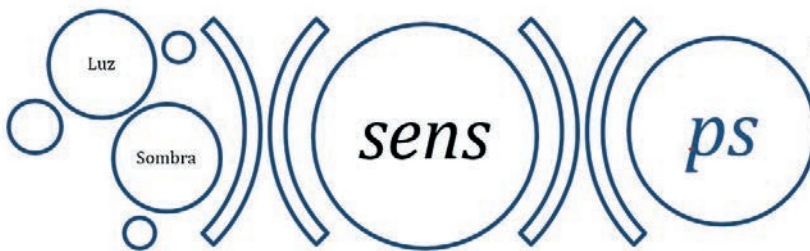
Jacques-François Blondel (1705-1774), que terá pensado em francês, promovido o ensino privado e sido precursor da modernização do ensino da arquitectura em Paris (BLONDEL, 1754), também dirigiu um complexo e intenso curso de arquitectura (com aulas teóricas e práticas obrigatórias num regime diário de 10 horas, das 8 da manhã às 2 da tarde e das 3 da tarde às 9 da noite, do Verão ao Inverno em salas de aula e oficinas e na Primavera em visitas a obras) (MIDDLETON, 1959). Blondel escreveu em francês o seu "*Cours d'Architecture*" em 9 volumes, publicado em fascículos ao longo de vários anos e amplamente difundido pela Europa, no qual seguramente na sua qualidade de académico, sugere passar-se para primeiro lugar a variável *Venustas* (V) por considerá-la ser das três a única do domínio da Teoria, enquanto *Firmitas* (F) e *Utilitas* (U) são variáveis do domínio da Prática, revelando que, pelo menos no contexto académico, o trabalho artístico era primeiro a dimensão teórica que constituía a obra e depois a obra.

$$V \in D_t \wedge \{F, U\} \in D_p$$

$$Oa = f(V, F, U)$$

$$Ta \Rightarrow DtOa \wedge Oa$$

Nessa mesma altura *Étienne-Louis*, que vivia em Paris e teria gostado de ser pintor, terá ido estudar arquitectura durante 4 anos seguindo o curso de Blondel. *Étienne-Louis Boullée* (1728-1799), no exercício de actividades paralelas, académica e profissional, terá aberto uma escola, teorizado e escrito sobre a utilidade da arquitectura, mas também sobre a arte da arquitectura, sendo eleito membro da Academia de Belas Artes de França. Interessando-se pela objectividade da variável *Utilitas* (U), já tinha o seu ponto de vista (*ps*) sobre a variável *Venustas* (V), que seguramente pela sua sensibilidade o terá levado a emocionar-se com os efeitos da luz e sombra sobre as formas geométricas puras:



Já Jean-Nicolas-Louis, que terá trabalhado com *Étienne-Louis Boullée*, ter-se-á interessado muito pela variável *Firmitas (F)*, ao ponto de a considerar a única condição para, do seu ponto de vista, se aceitar a variável *Venustas (V)*:

$$F \wedge F \Rightarrow V$$

$$Oa = f(F, U, V)$$

Tendo daqui inevitavelmente resultado uma vida dedicada à racionalidade, ao ponto de se considerar hoje poder ter antecipado os modernos componentes de construção industrializados, *Jean-Nicolas-Louis Durand* (1760-1834) também foi professor, sem surpresa numa *École Polytechnique*, defendendo que se estudassem os princípios e as ideias gerais de *décoration, distribution et construction* e não tanto as obras cada uma por si, por se poder otimizar o tempo de estudo e torná-lo mais frutuoso (DURAND, 1802), e sugerindo a decomposição da variável *Firmitas (F)* em *el-éléments* (do edifício), *cb - combinaison* (dos elementos do edifício) e *cp - composition* (recorrendo à combinação dos elementos do edifício):

$$F = f(el, cb, cp)$$

Durand publica em francês o manual do seu curso "*Précis des leçons d'architecture données à l'école Polytechnique*", também em vários volumes, apresentando no primeiro volume um método para elaborar um projecto de construção e analisar um edifício.

Estando assim:

- 1) abertas as frentes de problematização assumida das variáveis *V* e *F*;
- 2) sugeridas duas novas variáveis *ps* e *sens*;
- 3) subdivididas a variável *V* em *P* e *O* e a variável *F* em *el, cb, cp*;
- 4) e tendo sido sugerido que o que se conhece é a obra não como é mas como se nos apresenta, chegamos a este ponto desta reflexão podendo estabelecer como atualização da formulação de uma obra de arquitectura:

$$Oa = | f(F, U, V) |$$

$$\Downarrow$$

$$V = P + O \wedge F = el + cb + cp$$

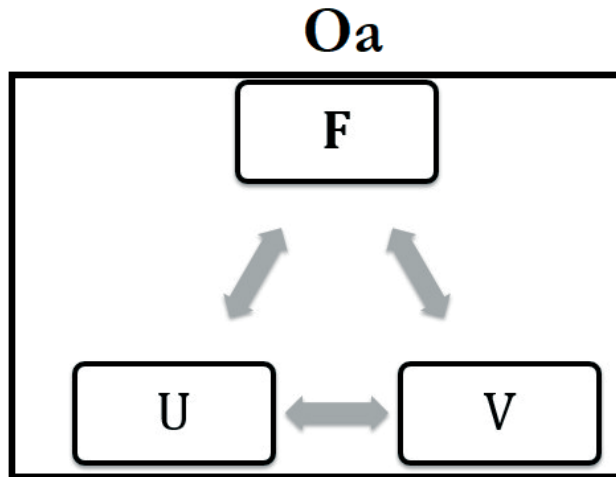
$$\Downarrow$$

$$\begin{aligned}
Oa &\neq iOa \\
\Downarrow \\
V=ps \circ (sens) &\Leftrightarrow P+O=ps \circ (sens) \\
\Downarrow \\
V \in D_r \wedge \{F,U\} &\in D_p \\
\Downarrow \\
|X|=(el,cb,cp,U) \wedge X_r &=(P,O) \\
\Downarrow \\
iOa &= f(|X|,X_r)
\end{aligned}$$

Sabendo que:

$$ps \circ (sens) \Rightarrow X_r = (P,O)$$

Entretanto *Eugène*, em Paris (há 8 gerações - já no tempo dos avós, dos avós dos nossos avós), terá preferido assumir-se como autodidacta e realizado viagens de estudo, utilizando amplamente o desenho para se emancipar e observar, deixando-se simultaneamente encantar emocionalmente e estimular racionalmente pela observação da natureza e de edifícios antigos, em especial os góticos e terá entre ambos constatado com clarividência e racionalidade a relação indissociável entre *forme, fonction et matière*. *Eugène Viollet-le-Duc* (1814-1879) terá considerado a estrutura como variável fundamental da obra de arquitectura, sugerindo um método de raciocínio que partiria precisamente dos problemas estruturais como nó central do problema arquitectónico:



O pensamento desenvolvido por *Viollet-le-Duc* terá sido entendido por muitos como tão clarividente, racional e universal que poderia ter sido professor de estética e história de arte nas *Beaux-Arts* em Paris, não fosse dar-se o caso de alguns professores

e estudantes se terem envolvido num assunto tão delicado como a possível relativização da importância da dimensão teórica da obra de arquitectura (*DtOa*), opondo-se à sua entrada.

John, que também desenhava e viajava desde pequenino, interessando-se por natureza e também pelo gótico, terá pensado, falado e escrito em inglês e terá estudado muitas coisas incluindo poesia e história e crítica de arte, prosseguindo em Oxford estudos superiores na única instituição que era simultaneamente uma escola e uma catedral.

John Ruskin (1819-1900) terá reconhecido que, do seu ponto de vista [*ps(JR)*] a moral tem um lugar em qualquer formulação da obra de arquitectura (*Oa*), introduzindo assim uma nova variável, a do valor ético (*etic*) (sacrifício, verdade, forma, beleza, vida, memória, obediência), enquanto ponto de vista sobre o ponto de vista:

$$\begin{aligned}
 ps(JR) &= f(etic) \\
 \Downarrow \\
 (F,U,V) &= f(ps) \\
 \Downarrow \\
 Oa &= f(F,U,V) \\
 \Downarrow \\
 Oa &= (F,U,V) \circ (ps \circ (etic))
 \end{aligned}$$

E a partir daqui o resultado poderá também passar a ser verdadeiro ou falso.

Há 160 anos *Julien* tinha 29 anos (o meu avô nasceria 50 anos mais tarde) e terá sido um dos líderes do movimento de estudantes que se terão oposto à entrada de *Eugène Viollet-le-Duc* como professor de estética e história de arte nas *Beaux Arts* em Paris, onde estudava há 10 anos. No ano seguinte terá ganho uma bolsa de estudos atribuída pela escola para ir estudar em Roma, 6 anos depois é por sua vez admitido como professor nas *Beaux Arts* e 23 anos depois é nomeado professor de teoria de arquitectura.

Julien Guadet (1834-1908) terá considerado máxima e simultaneamente a importância da dimensão teórica da obra de arquitectura (*DtOa*), da formação e da conduta do arquitecto, tendo publicado, em 4 volumes, os "*Éléments et théorie de l'architecture: cours professé à l'École nationale et spéciale des beaux-arts*" e estado na origem do código de deontologia da profissão em França, que ficaria conhecido como "*Code Guadet*". Com 60 anos de idade, na lição de abertura do seu curso de teoria cuja transcrição também consta da sua obra publicada, terá dito:

"(...) A une époque (31 anos antes, entenda-se) où notre École traversait une aventure qui aurait pu n'être que comique si elle n'avait pas été périlleuse, on avait créé un cours d'esthétique. (...) L'esthétique, c'est la religion de l'artiste. Instituer chez nous une doctrine d'État, une esthétique d'État, une esthétique obligatoire, ce sera nous ramener au temps (...) où pour obtenir une fonction – ou un grade – il fallait commencer par montrer un billet de confession."

O curso de *Julien Guadet* apresentou o lugar da teoria em estreita relação com a história, pressupondo para a formação do estudante de arquitectura o estudo da com-

posição de edifícios existentes (*dans leurs éléments et dans leurs ensembles*), desde o múltiplo ponto de vista (V, U, F) (*de l'art et de l'adaptation à des programmes définis, à des nécessités matérielles*) (GUADET, 1894) mas, ao classificar à época os edifícios exclusivamente de acordo com a sua função *Utilitas* (U), mais do que relativizar novamente na formulação da obra de arquitectura (Oa) a importância que vinha sendo dada às variáveis *Venustas* (V) e *Firmitas* (F), reequilibrando a importância relativa das variáveis na fórmula, acima de tudo constrói um lugar para o ponto de vista que defende ser o adequado para o estudante de arquitectura [$ps(EA)$], fundado numa dimensão teórica associada ao estudo da história da arquitectura vinculada a um elenco de obras de arquitectura (eOA) organizado tipologicamente:

$$\begin{aligned} eOA &= f(U) \\ \Downarrow \\ ps(EA) &= f(DTOa) \end{aligned}$$

Seguramente também devido à sua racionalidade, associada à perspicácia e vasto conhecimento histórico, o método de *Julien Guadet* nas *Beaux Arts* alcançou prestígio e, apesar de ter começado a cair em desuso há cerca de 60 anos (1960), ainda reverbera em algumas escolas de arquitectura em alguns países, incluindo Portugal.

Edmund Husserl (1859-1938) terá estudado matemática, física e astronomia, depois terá começado a estudar filosofia, entretanto ter-se-á doutorado em matemática e logo de seguida ter-se-á formado em filosofia e há 132 anos terá publicado o primeiro volume de uma obra chamada "*Philosophie der Arithmetik*", investigações lógicas e psicológicas - uma análise filosófica do conceito de número utilizando as ferramentas da psicologia. Para *Husserl*, *o acto cognitivo não podia ser limitado ao conhecimento científico* (neste caso da obra) e *deveria considerar também a experiência (exp)* (neste caso da obra), apreendida por via dos sentidos (*sens*):

$$ps = f(exp \circ sens)$$

Auguste terá ido às aulas de *Julien Guadet* e lido escritos de *Viollet-le-Duc*, terá sido um aluno brilhante e, por alguma razão, terá deixado as *Beaux Arts* e ter-se-á juntado aos seus irmãos na empresa de empreitadas de obras públicas da sua família. *Auguste Perret* (1874-1954), numa tripla condição de empreendedor, arquitecto e construtor, munido ao mesmo tempo de grande racionalidade e betão armado, que à época estaria a dar os primeiros passos, terá considerado que a arquitectura era antes de mais arte de expressar construindo, valorizando a variável *Firmitas* (F) pela sua perenidade em comparação com a transitoriedade das variáveis *Utilitas* (U) e *Venustas* (V) e sintetizando-a, ao autonomizar os elementos estruturais (*est*) agora em betão armado, dos outros elementos da construção (*el*), revelando-os como fundamentais:

$$\begin{aligned} Oa &= f(F, U, V) \\ F &= f(est, el) \\ Oa &= f(est, el, U, V) \end{aligned}$$

III.

Depois, há pouco mais de 100 anos, *Frank* nasceu na pradaria, brincou durante anos com um jogo educativo de formas geométricas de madeira colorida que a sua mãe lhe comprou, terá gostado da natureza e estudado engenharia civil, mas também terá abandonado o curso e ido trabalhar; *Walter* nasceu numa grande e antiga cidade, terá andado dois anos numa escola de arquitectura e logo de seguida terá ido trabalhar com um reconhecido arquitecto e designer industrial; *Ludwig* nasceu numa velha cidade mais pequena, e assim que tinha idade terá ido trabalhar com o seu pai canteiro; *Charles* nasceu numa vila de montanha, terá andado numa escola de artes e ofícios e, com o dinheiro que terá ganho a fazer um trabalho com um professor saiu da escola sem dizer aos pais e também terá ido fazer longas viagens de estudo incluindo a Itália e à Grécia e usado amplamente o desenho.

Frank foi aprendiz de *Louis Sullivan* que foi aluno de *Julien Guadet* nas *Beaux Arts* tal como foi *Auguste Perret*, para quem *Charles* terá ido trabalhar como desenhador descobrindo o betão armado. *Charles* também começou a dar aulas e, enquanto jovem professor terá sido encarregue de ir a Berlim estudar a evolução das relações entre as artes e a indústria da construção, e terá aproveitado para trabalhar como desenhador durante alguns meses no atelier onde *Ludwig* era aprendiz e *Walter* jovem arquitecto. Por essa altura, na Finlândia, *Alvar* que falava, escrevia e pensava em finlandês terá tido aulas de desenho antes de ir estudar arquitectura até acabar o curso, formar-se como arquitecto, casar-se com uma arquitecta e abrir um atelier.

Do ponto de vista de *Frank Lloyd Wright* (1867-1959) as variáveis *Venustas* (V) e *Utilitas* (U) estavam fortemente relacionadas e a obra de arquitectura:

"(...) should appear to grow easily from its site (...) and be shaped to harmonize with its surroundings (if nature is manifested there)",

revelando nesta afirmação a consciência do contexto (Ct) como uma variável na nossa formulação:

$$\begin{aligned} Oa &= f(V, U, F) \\ Oa &= f(Ct) \end{aligned}$$

Do ponto de vista de *Walter Gropius* (1883-1969) a beleza resultava da interdependência fundamental entre proporção (*prop*) e ornamento (O):

$$V = f(prop, O)$$

Do ponto de vista de *Ludwig Mies van der Rohe* (1886-1969) era fundamental termos a consciência do tempo presente e do Mundo que se nos apresenta como aquele onde teremos de nos afirmar:

$$Oa = f(tempo_{presente})$$

Do ponto de vista de *Charles-Édouard Jeanneret-Gris, dit Le Corbusier* (1887-1965), a beleza em arquitectura baseava-se essencialmente na harmonia de proporções de base matemática:

$$V = f(\text{proporção, escala, simetria, phi, matematização, modulos})$$

Do ponto de vista de *Alvar Aalto* (1898-1976) a obra deveria ser uma *Gesamtkunstwerk*, uma palavra em alemão que, trazida para a língua portuguesa, significa obra de arte total, incluindo arquitectura (*arq*), mobiliário (*mob*) e equipamento (*equip*):

$$Oa \supset (\text{arq, mob, equip})$$

E para todos era igualmente claro que uma obra de arquitectura deveria resultar numa atmosfera:

$$Oa \rightarrow \text{atmosfera}$$

Todos desenvolveram actividades paralelas profissional e académica, fizeram estudos e projectos, deram aulas, conferências e entrevistas e escreveram muito.

Siegfried ter-se-á formado em engenharia, terá preferido escrever peças e poemas, terá depois estudado história de arte e logo depois, recusando um convite para dar aulas, ter-se-á juntado à *Bauhaus*, onde terá conhecido *Walter Gropius*. Também terá conhecido *Charles-Edouard Jeanneret - Le Corbusier* e participado na fundação dos *CIAM Congrès internationaux d'architecture moderne* e depois, não conseguindo prolongar o inevitável, terá dado aulas na *Harvard University*, no MIT e no *ETH* de *Zurich* durante quase 30 anos e também terá escrito muito. *Siegfried Giedion* (1888-1968) escreveu entre outras coisas em 1941 "*Space, Time and Architecture: The Growth of a New Tradition*" em permanente publicação pela *Harvard University Press* desde então até agora (desde há 82 anos...), focando-se ao longo de 960 páginas na organização dos espaços humanos ao longo do tempo através do estudo de casos, tendo contribuído para a tomada de consciência da importância do estudo das obras (*EOa*) em função do onde e do quando:

$$EOa = f(\text{onde, quando})$$

Martin Heidegger (1889-1976) que nasceu no campo e teria gostado de ser padre mas foi estudar filosofia, terá sido aluno de *Edmund Husserl* e assistido às suas conferências sobre a consciência interna do tempo, terá depois sido seu colega e mais tarde seu substituto enquanto reitor, por sua vez sugere uma inflexão do ponto de vista (*Pv*) de modo a passar a incidir sobre o ser e, há 96 anos, terá publicado uma obra chamada "*Sein und Zeit*" - Ser e Tempo, e sugerido que sujeito (*S*) e objecto (*Oa*) são inseparáveis:

$$s \bowtie Oa$$

A variável *Venustas* (*V*) apresentava-se à saída deste estimulante período como variável de grande relatividade, cada vez mais difícil de objectivar. Pelo contrário, a variável *Firmitas* (*F*), decomposta nos seus elementos, mantinha-se objectivável e de valor absoluto, decomponível em cálculos físicos e matemáticos precisos, rapidamente autonomizada como domínio específico de problematização, mas sempre quantificável. A variável *Utilitas* (*U*), aceitando a transitoriedade e fluidez de algumas funções no tempo, apresentava-se também ela segura, objectivável e mensurável, passível de ser organizada em tipologias, principalmente para espíritos que prezavam simultaneamente a objectividade e a economia.

Esta fórmula é uma equação que permite medir a qualidade de projectos de edifícios de habitação:

$$VU = \sum_{i=1}^{66} n_i * P_i$$

É uma equação integrada no Método *SEL - Système d'Évaluation de Logements*, desenvolvido na Suíça a partir da década de 60 do século XX e utilizado pelo *Office federal du logement* desde 1975. O Método *SEL* foi desenvolvido por uma equipa de 9 arquitectos e engenheiros suíços e considerou 89 referências bibliográficas (AELLEN e et al., 1979). Pela avaliação de 270 objectivos de acordo com 75 critérios, dos quais a fórmula aqui apresentada considerava utilizarem-se 66, passou a calcular-se objectivamente o valor de utilização em função da oferta de áreas colectivas, comuns e privadas, da estabilidade tipológica ao longo do tempo e da habitabilidade, resultando numa avaliação de valor objectivo, o valor a partir do qual se estabeleciam as condições económicas de apoio financeiro ao projecto com dinheiros públicos. O Método *SEL* passou a ser amplamente utilizado no controle interno de soluções de projecto em gabinetes de arquitectura suíços, independentemente da fonte de financiamento (COSTA, 1995). A versão actualmente em vigor, que resulta da 3ª revisão crítica do método realizada em 2015 por uma equipa de 13 arquitectos e engenheiros, considera 25 critérios (BURGI e et al., 2015). É de notar que, sendo uma fórmula aplicável ao projecto, portanto a papel riscado, permite a aferição e a implementação de eventuais alterações em função de se querer ou não mudar o resultado da equação.

No domínio da mesma variável *Utilitas* (*U*), a fórmula seguinte é uma equação que pretende medir a qualidade arquitectónica de uma habitação, edifício ou vizinhança próxima (PEDRO, 2000):

$$V_{PV} = \frac{\sum_i^{n_{SPV}} V_{SPV_i} \times P_{SPV_i}}{\sum_i^{n_{SPV}} P_{SPV_i}}$$

Foi elaborada em Portugal no contexto do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), que também desenvolve investigação continuada na área da qualidade

da habitação desde a mesma década de 60 do século XX, tendo esta fórmula em concreto sido apresentada no âmbito de uma tese de doutoramento no início do século XXI. A título de curiosidade, num documento de 1987 chamado "*Avaliação da qualidade de projectos de habitação*", também elaborado no LNEC no mesmo contexto, consideraram-se 626 requisitos de qualidade aplicáveis a espaços privados, espaços comuns e espaços exteriores aos edifícios.

É de realçar que a primeira fórmula, do Método *SEL*, tem como objectivo medir a qualidade do projecto e que a segunda fórmula, do LNEC, tem como objectivo medir a qualidade da arquitectura.

Por mais tentador que fosse introduzirmos na nossa formulação a complexificação isolada das variáveis *Firmitas (F)* e *Utilitas (U)*, com cálculo estrutural, mecânica de fluidos, circuitos, quantidades e fórmulas de avaliação, iremos prosseguir a nossa reflexão sem o fazer, deixando-o para um futuro desenvolvimento, procurando concluir.

IV.

Christian nasceu num país a caminho do Norte, rico e progressista e com noites muito longas no inverno, frequentou boas escolas na Suíça, em Itália e nos Estados Unidos da América, doutorou-se em tecnologias de arquitectura, foi professor no estrangeiro e no seu país, onde foi director de uma escola de arquitectura e design e, entusiasmando-se com a dimensão teórica que envolve as obras de arquitectura, escreveu 12 livros de arquitectura. *Christian Norberg-Schulz* (1926-2000) leu *Heidegger* e terá muito provavelmente lido *Husserl e Kant*, considerando que no seu livro "*Genius Loci, Towards a Phenomenology of Architecture*", publicado em 1980, enfatiza a importância da experiência humana (*exp*), da intencionalidade (*int*), da poética (*poe*), da ética (*etic*) e da existência (*exi*) na dimensão teórica que envolve a obra de arquitectura:

$$DtOa = f(exp,int,poe,etic,exi)$$

Robert nasceu num país rico, frequentou boas escolas, foi bom aluno, teve um professor que seguia o método das *Beaux-Arts*, começou a ser distinguido com prémios com 22 anos ainda na universidade, trabalhou com arquitectos notáveis, abriu um atelier, casou com *Denise*, trabalhou, escreveu, deu aulas e recebeu prémios com *Denise*, estudando e aprendendo entre outros casos com *Las Vegas*. *Robert Venturi* (1925-2018) dedicou-se às obras de arquitectura e à dimensão teórica que envolve as obras de arquitectura e publicou "*Complexity and Contradiction in Architecture*", estudando obras vernaculares e eruditas, obras de arquitectos mais e menos conhecidos, ao longo de um vasto leque temporal abrangendo o movimento moderno, até aquilo que era a contemporaneidade em 1966 e que, traduzido em mais de 15 línguas, continua em 2023 a ser considerado um dos mais importantes livros de arquitectura, pelo seu contributo para expandir e redefinir os limites da arte da arquitectura, apesar de ser um livro fininho. *Robert* encantou-se com a complexidade (*cpl*) e com a composição (*comp*) e sugeriu simultaneamente que todo o legado da história da arquitectura poderia estar à disposição dos arquitectos, e que seria importante regressar-se à síntese dos valores estruturais, espaciais e formais:

$$ps(RV) = f(cpl, comp)$$

$$DtOa = f(UOa), Oa \in UOa$$

$$UOa = \sum_{i=1}^n y_i \quad y = \text{todas as obras de arquitectura}$$

Robert Venturi ganhou um dos 44 *The Pritzker Architecture Prize* entregues até agora⁶.

V.

O objectivo da *Hyatt Foundation*, que instituiu em 1979 e promove anualmente o *The Pritzker Architecture Award*, considerado o “*Nobel da arquitectura*”, é promover a “*great architecture*”, fundamentando-se na apreciação ponderada de um “*body of built work*” (xOa) apresentado num “*full portfolio*” (FPf) que acompanha a candidatura:

$$FPf(xOa)$$

Numa das faces da medalha em bronze que é entregue ao vencedor, inspira-se em desenhos de *Louis Sullivan* (1856-1924), que *Frank Lloyd Wright* (1867-1959) terá considerado seu Mestre e que talvez tenha lido a obra de *Henry Wotton* (1614-1625) “*The Elements of Architecture*”, estão inscritas as três palavras na língua inglesa: “*firmness, commodity and delight*”⁷. Parecendo à primeira vista estarmos perante três variáveis de significado simples e evidente⁸, ao considerar o prazer no lugar da beleza⁹ a *Hyatt Foundation*, mais do que com a ordem das variáveis de *Vitruvius* revela-se alinhada com *Alberti*, que substituiu *Venustas* (*V*) por *Amoenitas* (*A*)¹⁰. Nesta altura é importante termos presente que prazer pressupõe a experiência e que beleza é uma característica cujo reconhecimento depende da resposta emocional do observador, mas que ambas possuem valor relativo.

⁶ Data esta comunicação de Novembro de 2023; para uma listagem completa dos laureados ver <https://www.pritzkerprize.com/laureates>.

⁷ que trazidas do inglês para a língua portuguesa resultam em: *firmness* = firmeza; *commodity* = utilidade; *delight* = prazer.

⁸ *firmness* = “the quality of not being soft, but not completely hard; the quality of being strong and tight”; *commodity* = “a thing or quality that is **useful**”; *delight* = “(something or someone that gives) great **pleasure**, satisfaction, or happiness”.

⁹ *beauty* = “the quality of being pleasing and attractive, especially to look at”.

¹⁰ Trazendo estas palavras do latim agora para a língua inglesa (*Cambridge Dictionary* de acesso aberto), temos: *firmitas* = **firmness**, durability, **strength**; constancy, stability, endurance, firmness; *utilitas* = **usefulness**, utility; expediency; **advantage**; *venustas* = loveliness, comeliness, **charm**, **grace**, **beauty**, elegance, **attractiveness**; *amoenitas* = pleasantness, **pleasureableness**, delightfulness, loveliness, agreeableness, charm. Resumindo independentemente da ordem das variáveis, trazendo do latim às línguas portuguesa e inglesa, temos: firmeza <= *FIRMITAS* => *firmness*; utilidade <= *UTILITAS* => *utility*; beleza <= *VENUSTAS* => *beauty* ≠ prazer <= *AMOENITAS* => *delight*. Recordando agora o significado destas quatro palavras na língua portuguesa, temos: 1) firmeza = “qualidade daquele ou daquilo que é **firme**; constância; **persistência**; fixidez; segurança; **estabilidade**”; 2) utilidade = “qualidade de útil; préstimo; vantagem; serventia”; útil = “que é **necessário**; que tem préstimo ou utilidade; proveitoso; vantajoso”; 3) beleza = “perfeição agradável à vista e que cativa o espírito; qualidade do que é belo; aquilo ou aquele que é belo, formoso”; 4) **prazer** = “sentimento agradável que alguma coisa faz nascer em nós; deleite, gozo, delícia; gosto, desejo; alegria, contentamento; boa vontade, agrado; distracção, divertimento; verbo: agradar, aprazer, comprazer

Também se dá o caso de parecer estarmos perante uma simples medalha, circular como quase todas as medalhas. Contudo as três variáveis estão escritas em arco contínuo a acompanhar o bordo circular da medalha, permitindo seis sequências de leitura diferentes:

$$3! = 6$$

Por fim, há que considerar que a atribuição do *The Pritzker Architecture Prize* é decidida por um júri composto por nove elementos. Presumindo que as suas classificações são independentes, que os elementos do júri iniciam pela ordenação das variáveis F , U e V segundo o seu ponto de vista, permitindo avaliar se todos os pontos de vista coincidem sobre o FPF em avaliação, existem $9^6 = 531441$ possibilidades de ordenação e a probabilidade dos nove elementos do júri terem coincidência do ponto de vista é $1/531441$. Presumindo ainda que a atribuição do prémio só será ponderada se os pontos de vista coincidirem (δ):

$$\delta = \begin{cases} 1 & \text{se os pontos de vista coincidirem} \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Esta será então uma fórmula possível para ganhar o *The Pritzker Architecture Prize*:

$$Pap = f(\text{variáveis identificadas ao logo da reflexão}) \times \delta$$

VI.

Quer se constitua como síntese do desenvolvimento de uma teoria, de uma forma ou de um valor, uma fórmula será tanto ou mais objectiva quanto mais eficaz seja o raciocínio que lhe está subjacente (DIJKSTRA, 1996).

Independentemente da complexidade da equação, de estarmos perante nove ou um único ponto de vista, o objectivo desta formulação é simples e o resultado seguramente válido para todos e cada um de nós:

“to inspire greater creativity within the architectural profession.”¹¹

Bibliografia

AELLEN, Kurt; ET AL. - Système d'évaluation de logements SEL - Instrument pour l'évaluation qualitative de projets de logements dans le cadre de la loi fédérale encourageant la construction et l'accèsion à la propriété de logements Bulletin du logement. [Em linha]. Berne : Office fédéral du logement, 1979 Disponível em WWW:<URL:https://www.wbs.admin.ch/sites/default/files/sel_1975_volume_13f.pdf>.

BLONDEL, Jacques-François - discours sur la nécessité de l'étude de l'architecture : prononcé à l'ouverture du cinquième cours public [Em linha]. Paris : C. A. Jombert, Imprimeur-Libraire, 1754 [Consult. 10 nov. 2023]. Disponível em WWW:<URL:https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bp-

¹¹ Em inglês no original; “Inspirar cada vez mais criatividade à profissão de arquitecto.” (tradução nossa).

- t6k65324697/texteBrut>.
- BURGI, Hanspeter; ET AL. - Concevoir, évaluer et comparer des logements - Système d'évaluation de logements SEL - Edition 2015 [Em linha]. Granges : Office fédéral du logement OFL, 2015 [Consult. 7 nov. 2023]. Disponível em WWW:<URL:https://www.wbs.admin.ch/sites/default/files/wbs_broschuere_fr.pdf>.
- COSTA, Jorge Moreira Da - Métodos de Avaliação da Qualidade de Projectos de Edifícios de Habitação. [S.l.] : Universidade do Porto - Faculdade de Engenharia, 1995 Doutoramento.
- DIJKSTRA, Edsger W. - A first exploration of effective reasoning, 1996. [Consult. 6 nov. 2023]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.cs.utexas.edu/users/EWD/transcriptions/EWD12xx/EWD1239.html>>.
- DURAND, Jean-Nicolas-Louis - Précis des leçons d'architecture: données à l'École Polytechnique (Band 1) [Em linha]. Paris : Chez l'Auteur, A l'École Polytechnique, 1802 [Consult. 10 nov. 2023]. Disponível em WWW:<URL:<https://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/durand1802bd1>>. ISBN doi:10.11588/diglit.23981.
- GUADET, Julien - Éléments et Théorie de L'Architecture : cours professé a l'École Nationale et Spéciale des Beaux-Arts - Tome I [Em linha]. 3ª aumentada 1909 ed. Paris : Librairie de la Construction Moderne, 1894 [Consult. 13 nov. 2023]. Disponível em WWW:<URL:<https://ia800306.us.archive.org/5/items/lmentsetthoriede01guad/lmentsetthoriede01guad.pdf>>.
- MIDDLETON, Robin - Jacques François Blondel and the «Cours d'Architecture». Journal of the Society of Architectural Historians. 18:4 (1959). doi: <https://doi.org/10.2307/987903>.
- OCKMAN, Joan; EIGEN, Edward – Architecture Culture 1943-1968 – A Documentary Anthology. Columbia Books of Architecture. 1993. ISBN 0-8478-1522-6
- PEDRO, João António Costa Branco De Oliveira - Definição e avaliação da qualidade arquitectónica habitacional [Em linha]. Faculdade de Arquitectura: Universidade do Porto, 2000 [Consult. 7 nov. 2023]. Disponível em WWW:<URL:https://www.researchgate.net/profile/Joao-Pedro-16/publication/260087253_Definicao_e_avaliacao_da_qualidade_arquitectonica_habitacional/links/00b7d52f7aeee50cff000000/Definicao-e-avaliacao-da-qualidade-arquitectonica-habitacional.pdf>. Doutoramento.
- PLATÃO - Crátilo - diálogo sobre a justeza dos nomes - versão do grego, prefácio e notas pelo Padre Dias Palmeira Colecção de Clássicos Sá da Costa. 1ª edição 1963 ed. Lisboa : Livraria Sá da Costa Editora, [s.d.]



ANA FIDALGO¹

CITAD – Universidade Lusíada, Lisboa

anafidalg@gmail.com | [id 0009-0001-2522-8162](https://orcid.org/0009-0001-2522-8162)



LUÍS MOREIRA PINTO²

CITAD – Universidade Lusíada, Lisboa

lmoreirapinto.arq@gmail.com | [id 0000-0002-9201-0294](https://orcid.org/0000-0002-9201-0294)



RUBEN DE MATOS³

Universidade da Beira Interior

dmatosruben@gmail.com

TRAZENDO A MATEMÁTICA PARA A ARQUITETURA: IMPACTO DO MODULOR DE LE CORBUSIER E DA PROPORÇÃO ÁUREA DE DA VINCI NA EXPRESSÃO ESPACIAL

BRINGING MATHEMATICS TO ARCHITECTURE: THE IMPACT OF LE CORBUSIER'S MODULOR AND DA VINCI'S GOLDEN RATIO ON SPATIAL EXPRESSION

[doi 10.34628/DTPK-VS98](https://doi.org/10.34628/DTPK-VS98)

Resumo: A interligação entre a arquitetura e os princípios matemáticos revela-se na influência do Modulo de Le Corbusier e na Proporção Áurea de Leonardo da Vinci. Este estudo investiga o modo como estes princípios geométricos e matemáticos moldam a conceção e a vivência do espaço na arquitetura. O Modulo, desenvolvido por Le Corbusier, baseia-se na escala humana e na sequência de Fibonacci, fornecendo um sistema de proporções harmoniosas para o desenho arquitetónico. Da mesma forma, a Proporção Áurea, explorada por Da Vinci e inúmeros outros arquitetos ao longo da história, constitui uma medida de equilíbrio e estética, presente em inúmeras construções notáveis. Este estudo procura compreender como estes princípios são aplicados na prática arquitetónica contemporânea. Explora-se o modo como arquitetos usam o Modulo e a Proporção Áurea para criar espaços que não só respondem a necessidades funcionais, mas também proporcionam uma sensação de harmonia estética e equilíbrio visual.

Palavras-chave: Modular | Le Corbusier | Preparação | Proporção áurea | Sucessão Fibonacci.

Abstract: The interconnection between architecture and mathematical principles is revealed in the influence of Le Corbusier's Modulor and Leonardo da Vinci's Golden Ratio. This study investigates how these geometric and mathematical principles shape the design and experience of space in architecture.

The Modulor, developed by Le Corbusier, is based on the human scale and the Fibonacci sequence, providing a system of harmonious proportions for architectural design. Similarly, the Golden Ratio, explored by Da Vinci and countless other architects throughout history, is a measure of balance and aesthetics, present in numerous notable buildings. This study seeks to understand how these principles are applied in contemporary architectural practice. It explores how architects use the Modulor and the Golden Ratio to create spaces that not only respond to functional needs, but also provide a sense of aesthetic harmony and visual balance.

Keywords: Modular | Le Corbusier | Preparation | Air ratio | Fibonacci sequence.



Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

Original Texto submetido à plataforma de deteção de similaridade e plágio ORIGINAL.

Os textos que constituem esta obra seguem, por decisão dos respetivos autores, a antiga ou a atual grafia.

O conteúdo desta obra é da exclusiva responsabilidade dos seus autores e não vincula a Fundação Minerva | Universidade Lusíada.

Este artigo visa destacar a relevância contínua da influência de princípios matemáticos na arquitetura e fornecer uma compreensão aprofundada do impacto do Modulor de Le Corbusier e da Proporção Áurea de Leonardo da Vinci no design arquitetónico contemporâneo. Através da análise das suas aplicações e implicações, pretende-se oferecer orientação e inspiração para arquitetos, designers e estudiosos, demonstrando como a harmonia matemática pode enriquecer a expressão arquitetónica e melhorar a experiência dos espaços construídos

1. CONTEXTO HISTÓRICO

No final da Idade Média assistimos ao renascer do mundo urbano, depois de séculos e séculos de ruralidade. A partir do século XII, as cidades assumem um novo

¹ Professora Auxiliar Convidada na Universidade da Beira Interior (UBI), onde exerce funções docentes no Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura, lecionando unidades curriculares como Geometria e Representação I e II. É também investigadora em Arquitetura e Urbanismo na UBI, integrando atividades de ensino e investigação. Doutorada em Arquitetura pela Universidade da Beira Interior, a sua tese abordou A relação estética das artes plásticas na arquitetura de Miguel Saraiva, explorando a intersecção entre expressão estética, artes plásticas e projeto arquitetónico, contribuindo para o debate teórico-crítico sobre perceção e forma no projeto arquitetónico. A sua carreira académica desenvolve-se num contexto de ensino superior e investigação com forte orientação para a conceptualização e representação arquitetónica, participando em conferências, seminários e masterclasses nas quais apresentou trabalhos relacionados com a representação, música e arquitetura. Tem também organizado e colaborado em eventos académicos e exposições, promovendo a discussão sobre temas contemporâneos do projeto e da teoria arquitetónica. Como parte do seu percurso de investigação, contribuiu com publicações e apresentações em eventos científicos de âmbito nacional e internacional, demonstrando uma produção científica consistente em domínios associados à estética, representação e teoria da arquitetura. A sua participação em conferências e eventos académicos reforça a sua presença na comunidade científica e o diálogo entre as práticas de projeto e reflexão crítica sobre arquitetura.

² Arquiteto, docente universitário e investigador, com uma carreira académica e científica consolidada nas áreas da Arquitetura, Urbanismo, Desenho e Teoria do Projeto. Licenciou-se em Arquitetura pela Universidade Lusíada de Lisboa em 1994 e concluiu o grau de Mestre em 1997. Em 2008 obteve o grau de Doutor em História pela Universidade Portucalense, no Porto, com a tese History of Perception in Project Action, centrada na relação entre perceção, conhecimento e ação projetual. Em 2021 concluiu um segundo doutoramento em Arquitetura na Universidade Lusíada de Lisboa, com a tese The Street as a Brand: Study Case Madalena Street in Lisbon Old Town, dedicada à rua enquanto elemento identitário, simbólico e estratégico da

cidade histórica. Iniciou a sua atividade docente no ensino secundário entre 1994 e 1999, lecionando História da Arte, Design e Desenho. Em 1999 integrou a Universidade Lusófona de Lisboa como assistente no curso de Arquitetura, onde lecionou Desenho I e II. Desde 2004 é docente da Universidade da Beira Interior (UBI), onde exerce atualmente funções como Professor Auxiliar. Na UBI tem lecionado unidades curriculares de Projeto de Arquitetura e Desenho nos diferentes ciclos de estudos, bem como a área de Barreiras Arquitetónicas no Mestrado em Gerontologia da Faculdade de Ciências da Saúde. Ao longo do seu percurso académico, desempenhou diversos cargos institucionais de relevo, incluindo Diretor do Mestrado em Arquitetura (pré e pós-Bolonha), Diretor do Doutoramento em Arquitetura, Vice-Presidente do Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura, membro do Conselho Científico da Faculdade de Engenharia e Presidente de Comissões Científicas de ciclo de estudos. Atualmente é coordenador da unidade curricular de Desenho do 2.º ano e Coordenador ERASMUS. É orientador de dissertações de mestrado e teses de doutoramento desde 2007. Desenvolve investigação nas áreas da perceção espacial, projeto arquitetónico, espaço urbano e identidade territorial. É investigador integrado do CIAUD – Centro de Investigação em Arquitetura, Urbanismo e Design (FAUL/UBI), desde novembro de 2024. Possui um extenso conjunto de publicações científicas nacionais e internacionais e colabora regularmente como revisor científico em revistas e conferências académicas.

³ Arquiteto e estudante de doutoramento na Universidade da Beira Interior (UBI). Desenvolve investigação no domínio da arquitetura e do território, com particular interesse nas dinâmicas urbanas, no planeamento e na relação entre arquitetura, espaço público e políticas locais. Paralelamente à atividade académica, exerce funções técnicas na Câmara Municipal da Covilhã, onde participa em processos de planeamento urbano, gestão territorial e intervenção no espaço construído. A sua experiência profissional na administração pública complementa a sua formação científica, contribuindo para uma abordagem integrada entre investigação, prática projetual e aplicação no contexto real das cidades.

protagonismo na vida dos estados e das populações, passam a ser os pólos dinamizadores da vida econômica, social e cultural. No Renascimento, os desenhos da cidade nascem conjuntamente com o traçado dos arquitetos que concebiam o espaço. A arquitetura e o desenho da cidade encontram-se relacionados com a racionalização proporcionada pela geometria e a interpretação da realidade, que para além de outros fatores condicionantes ajudam a constituir as bases de um arquiteto. Os referenciais necessários para o entendimento da arquitetura desenvolvem-se tendo como molde o estudo de obras consagradas no passado o que nos dá um entendimento da realidade contemporânea.

2. DIMENSÃO MATEMÁTICA

Na Arquitetura a dimensão matemática entre o real e o projetado resulta da noção das escalas do arquiteto ao desenhar a planta e durante a execução de todo o projeto. Essa proporção entre o real e o projetado pretende-se ser o mais exata possível no sentido de permitir uma correta percetibilidade dos espaços, a sua usabilidade e uma harmonia espacial para uma total fruição. Desde sempre a matemática tem sido o recurso que permitiu aos arquitetos projetar com vista a atingir essa harmoniosidade. A ausência do cálculo matemático teria como resultado a falência dos edificadados e a ausência de funcionalidade.

Encontramos a matemática na geometria e nas proporções. Revelando-se a geometria como uma parte crucial da arquitetura. Os arquitetos usam conceitos geométricos para criar formas, proporções e layouts harmoniosos nos seus projetos. A proporção áurea, por exemplo, é um conceito matemático frequentemente utilizado para criar composições visualmente agradáveis.

A escala e a proporção encerram em si muitos conceitos matemáticos e os termos escala e proporção estão relacionados, mas têm significados diferentes em contextos diferentes. Na matemática, a escala é a relação entre dimensões de um objeto em uma representação gráfica e as suas dimensões reais. Por exemplo se uma planta tem uma escala de 1:1000, o que quer dizer, que cada centímetro no mapa representa 1000 centímetros na realidade. A proporção refere-se à relação entre duas grandezas. Pode ser usada para descrever uma relação entre o tamanho de duas partes de um objeto (arquitetónico) ou entre duas grandezas diferentes. Por exemplo a proporção entre a altura de duas pessoas pode ser 1:2, o que significa que uma pessoa é o dobro da outra em altura. As noções de escala e proporção podem estar relacionadas em alguns casos, mas são conceitos distintos. A escala é usada para representar e medir o tamanho relativo de objetos ou lugares em uma representação gráfica, enquanto a proporção é usada para descrever a relação entre duas grandezas.

Os cálculos estruturais aplicados pela engenharia estrutural, num campo intimamente relacionado à arquitetura, envolve variadíssimos cálculos matemáticos. Neles se inclui o determinar das cargas, dimensionamento de colunas, cálculo resistência de materiais e garantir que as estruturas sejam seguras e estáveis. Estes cálculos são determinantes para muitos dos avanços da arquitetura, para a sua espetacularidade e para a sua simplicidade.

3. ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA

Todo o espaço gira em torno de um protagonista essencial e estruturante o homem. E não podemos compreender o espaço sem o pilar essencial. Pois a genesis da arquitetura, decorre da espacialidade inerente ao ser humano. O homem e o espaço são entidades indissociáveis, o espaço pertence à essência do ser humano.

Em primeira análise, depreende-se a produção arquitetónica como sendo um objeto ou como sendo um espaço que abriga as relações humanas e não como um mediador das relações, mas a produção arquitetónica deve ser considerada para além dos aspetos formais, deve ser considerada como mediadora das ações humanas. Daí a necessidade de se compreender um caráter mais complexo da arquitetura e de se compreender a importância do corpo no espaço. O corpo é o nosso ponto de referência, da nossa espacialidade, Merleau-Ponty defende que a ideia da conceção espacial passa pelas experiências que iram ser vivenciadas no espaço, por isso mesmo ele refere que:

“O corpo é o nosso meio geral de ter um mundo. Ora ele se limita aos gestos necessários à conservação da vida e, correlativamente, põe em torno de nós um mundo biológico” (MERLEAU-PONTY, 1999, p.67)

Na arquitetura moderna os algoritmos e modelagem computacional, têm por de trás de si a matemática. Sendo esta a responsável por muitos algoritmos usados na modelagem computacional, que é amplamente usada na arquitetura contemporânea. Isso inclui Software de Design assistido por computador (CAD) e modelagem tridimensional (3D), onde equações matemáticas são usadas para criar representações virtuais de edifícios.

As topologias e os espaços na arquitetura resultam dos estudos matemáticos das propriedades de espaços. Os conceitos daí resultantes são aplicados na criação de espaços arquitetónicos funcionais e esteticamente agradáveis.

Outros conceitos matemáticos menos comuns para a aura romântica do conceito de que é um arquiteto como sejam os cálculos orçamentais, os cálculos de materiais, a sustentabilidade, a eficiência energética, o planeamento urbano ou mesmo a estatística, são fundamentais na arquitetura moderna e encerram em si muitos dos conceitos matemáticos fundamentais para a vivência moderna dos projetos e do que reconhecemos como arquitetura.

O corpo humano tem sido desde a antiguidade uma das fórmulas que os arquitetos encontraram para trabalhar a escala nas suas obras. Exemplo mais conhecido é o da criação de Marco Vitruvius, o Homem de Vitruvius que ia buscar alguma inspiração à proporção áurea. Este ideal de beleza e das proporções foi amplamente utilizado e representado por alguns artistas da época clássica e dos quais o mais conhecido é a representação realizada por Leonardo da Vinci. Já no Século XX Le Corbusier pretendeu determinar simetrias, harmonias, proporções que pudessem ser universalmente aplicadas e que facilitassem a produção de objetos em série e pré-fabricados, uma das características mais defendidas pelos modernistas.

“(…) era necessária a sistematização da normatização através de uma dimensional comum. O Modulor vai propor este sistema, definindo-se como uma gama de dimensões

harmônicas com a escala humana universalmente aplicável à arquitetura e à mecânica.”(Lage, 2001,p.132)

É neste contexto que Le Corbusier, criou a sua teoria do Modulor, uma escala de proporções arquitetônicas baseada nas dimensões do corpo humano e da secção de ouro ou seja do “módulo e ouro - Secção Áurea (...)”.(Lage, 2001, p. 132).

Le Corbusier ao criar o O Modulor criou uma é uma escala de proporções humanas, que também ela se inspira em princípios matemáticos e que foram amplamente utilizados na sua arquitetura, afirmando que “a geometria é a linguagem do homem”(Corbusier 2008, p. 44). O Modulor foi desenvolvido na década de 1940, no pós-guerra, e baseia-se na proporção áurea e em sequências matemáticas, como a série de Fibonacci. São estas algumas das ferramentas que os arquitetos utilizam para criar espaços harmoniosos e esteticamente agradáveis. No caso da Proporção Áurea, esta é uma proporção matemática que se encontra na natureza e também é muito representada na arquitetura.

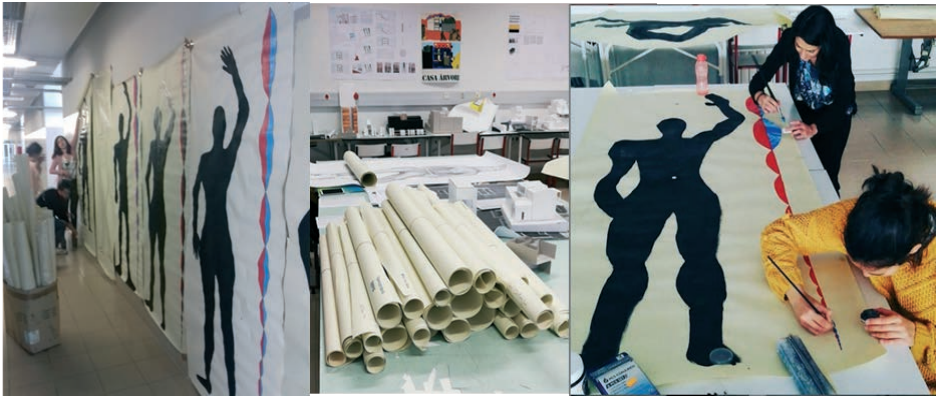


Figura 1. Exemplo do workshop realizado com os alunos UBI outubro 2023

Esta proporção é obtida através da divisão de um segmento em duas partes, de forma que a razão entre o todo e a maior parte seja igual à razão entre a maior parte e a menor parte. Esta formatação é considerada esteticamente agradável e muitas vezes é utilizada para definir a proporção de elementos arquitetônicos, como a altura e largura de colunas, por exemplo.

A ideia que se encontra por de trás do Modulor inspirava-se na criação de um sistema de proporções que fosse harmonioso e adequado às necessidades humanas e para isso nada melhor qu um sistema baseado na forma humana que seria facilitador na criação de espaços e na sua usabilidade. Le Corbusier acreditava mesmo que os edifícios deveriam ser projetados em torno do corpo humano, levando em consideração suas dimensões e proporções ideais, pois que destinava-se a uma utilização humana.

O objetivo principal da aplicação dos princípios do Modulor pelos alunos nas aulas de arquitetura, prende-se com a necessidade de que o aluno de arquitetura reconheça e compreenda as proporções do corpo humano em relação aos espaços arquitetônicos que irão criar no futuro. Isso envolve o entendimento de como as di-

mensões e proporções do corpo humano são levadas em consideração no projeto e na construção de edifícios e espaços públicos. Além disso, também se procura no aluno o desenvolvimento de habilidades de estudo e percepção espacial, para que este consiga identificar e avaliar a adequação dos espaços, em relação às necessidades físicas e ergonômicas das pessoas, que irão habitar esses espaços. Em resumo, o objetivo é promover a consciência e valorização do corpo humano como referência para o design e a arquitetura de espaços.

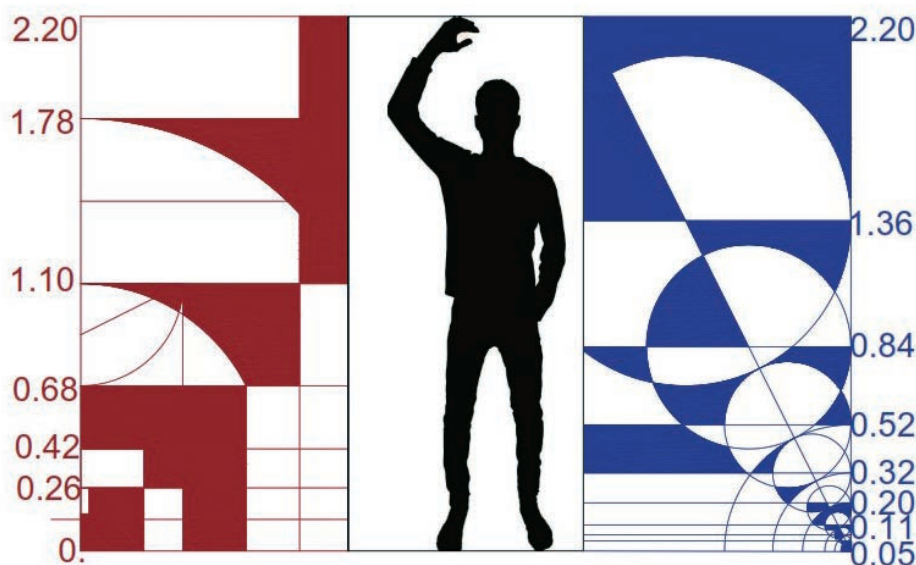


Figura 2. Exemplo do workshop realizado com os alunos UBI outubro 2023

Assim ao induzirmos os alunos a conhecer as dimensões do seu próprio corpo, procurámos mostrar como essa noção é fundamental para a interação com o espaço ao nosso redor de uma forma mais adequada, pois que também somos uma parte participante desse espaço. Isso permitiu um melhor entendimento da proporção e a escala dos objetos, bem como o espaço disponível para nós próprios. Ao conhecermos as dimensões do nosso corpo, como altura, comprimento dos braços, largura dos ombros e assim por diante, somos capazes de determinar se podemos passar por um espaço estreito, se conseguimos alcançar um objeto distante ou se somos grandes o suficiente para ocupar um determinado lugar. Esta consciência corporal é importante para o aluno de arquitetura. É por meio dessa compreensão das nossas próprias dimensões que podemos evitar erros/acidentes, numa obra.

A capacidade de relacionar o nosso corpo com o espaço, a nossa volta, vai ainda permitir uma melhor apreciação da beleza da arquitetura, da arte e do design de interiores. Capacita-nos para a compreensão da proporção estrutural, a percepção do dimensionamento das peças de mobiliário ou dos elementos decorativos e assim apreciar melhor a forma como eles se relacionam entre si e da escalas.

4. CONCLUSÃO

A criação de exercícios que têm por base o próprio Modulor de cada aluno é fundamental para a compreensão do seu relacionamento com a arquitetura. Desta forma lançou-se o desafio para que cada um concebe-se o seu próprio Modulor e que cada um fosse a sua própria base do trabalho a desenvolver. Seria a sua imagem e a sua escala que iria servir como modelo para o seu trabalho seguinte.

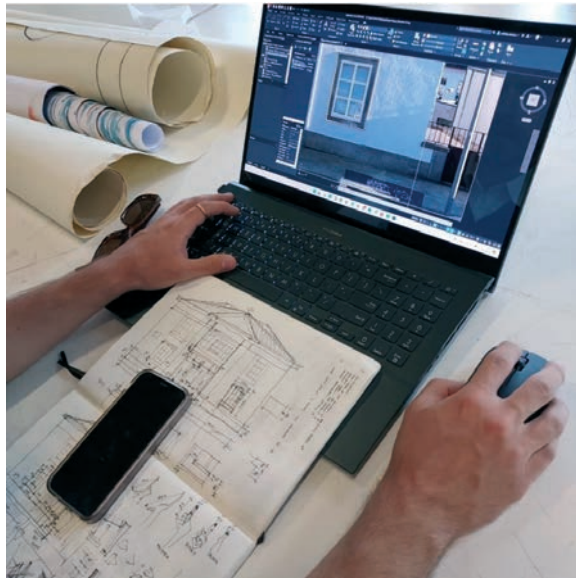


Figura 3. Exemplo do workshop realizado com os alunos UBI novembro 2023

O dimensionamento de cada um seria a escala que iriam usar para a recolha da informação espacial dos espaços a recriar. Desta forma na primeira fase do trabalho de campo dispensou-se a fita métrica e o aluno ficou apenas dependente do seu próprio Modulor para fazer o levantamento da fachada que viria a ser a representado em planta. Após essa representação era feita um novo levantamento, desta vez com recurso às fitas métricas, para uma nova representação da fachada em planta. Seguidamente as plantas criadas quer através da aplicação do próprio Modulor, quer através do recurso à fita métrica eram sobrepostas para verificar as diferenças entre elas, tendo por base de que a resultante da fita métrica seria a verdadeira representação do real. O estudo comparativo da sobreposição revelou que o diferencial entre as duas representações não tinha na maioria dos casos desvios substanciais, podendo mesmo ser considerados mínimos.

Com este estudo de aplicação das proporções via o Modulor, criado por Le Corbusier, procurámos que os alunos passassem a estar dotados de uma ferramenta que lhes permitisse um melhor entendimento das proporções, das escalas e da espacialidade, tanto na criação arquitetónica como em fase de obra. Ao desenvolver a

capacidade de compreender e dominar a escala com este tipo de ferramentas, o futuro arquiteto fica muito mais capacitado para resolver problemas e encontrar soluções para as mais variadas situações profissionais. Mesmo na ausência dos artifícios técnicos e profissionais fundamentais para a profissão, existirão sempre outras possibilidades, como o Modulor, que irão permitir superar essas ausências e assim dar continuidade ao trabalho em curso.

BIBLIOGRAFIA

- CARNEIRO, Alberto, *O Desenho, projeto da pessoa*, in os Desenhos do Desenho, Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação –200, Universidade do Porto
- CORBUSIER, Le, *Por uma Arquitetura*, tradução Ubirajara Rebouças, Perspectiva, São Paulo, 2006.
- CORBUSIER, Le, *Maneira de pensar o urbanismo*, tradução José Borrego, Publicações Europa América, Lisboa, 2008.
- LAGE, ALEXANDRA; DIAS, SUZANA, *Desígnio vol. I*, Teoria do Design, Porto Editora, Porto, 2001, p. 132.
- MERLEAU-PONTY, Maurice, *Fenomenologia da Percepção*, tradução: Carlos Alberto Ribeiro de Moura, Martins Fontes, São Paulo, Brasil, 1999.
- MONTANER, Joseph Maria, *a modernidade superada, arquitetura, arte e pensamento século xx*, Editorial Gustavo Gili, SA, Barcelona, 2001.
- ZEVI, BRUNO, *A Linguagem Moderna da Arquitetura*, tradução de Luís Pignatelli, 3ªedição, Dom Quixote, Lisboa, 2004.
- ZEVI, Bruno, *Saber ver a Arquitetura*, tradução de M^a Isabel Gaspar e Martins de Oliveira, Dinalivros, Lisboa, 1989.
- ZIMMERMAN, Claire, *Mies van der Rohe 1886-1969 A estrutura do espaço*, Tradução António Mendes, Taschen, Koln, London.

AS FÓRMULAS NA ARQUITETURA

ATAS DO 6.º SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE ARQUITETURA E MATEMÁTICA



RUBEN DE MATOS*

Universidade da Beira Interior
✉ dmatosruben@gmail.com



LUÍS MOREIRA PINTO**

CITAD – Universidade Lusíada, Lisboa
✉ lmoreirapinto.arq@gmail.com | 0000-0002-9201-0294



ANA FIDALGO***

CITAD – Universidade Lusíada, Lisboa
✉ anafidalgo@gmail.com | 0009-0001-2522-8162

GAME AS A STUDY METHODOLOGY: DIDACTIC ABOUT ARCHITECTURAL PROPORTIONS IN THE CITY

O JOGO COMO METODOLOGIA DE ESTUDO: DIDÁTICO SOBRE AS PROPORÇÕES ARQUITETÔNICAS NA CIDADE

10.34628/5FVH-H519

Abstract: This article examines innovative learning approaches that use gaming platforms to explore architectural methodologies in urban environments. Through a case study on city proportions, the research investigates how gaming can enhance architectural education. Advances in digital technologies have enabled immersive learning experiences, and this study leverages the interactive nature of games as tools for analyzing the complexity of urban design. Virtual environments allow students to engage directly with spatial proportions, gaining insights into relationships, aesthetics and functionality. This method strengthens technical skills while fostering creativity and problem solving, preparing students to address contemporary urban challenges. The findings support integrating gaming methodologies into architectural education, highlighting their impact on skill development and understanding of city proportions. As technology reshapes learning, the immersive potential of games becomes a valuable asset in training future architects capable of designing the cities of tomorrow.

Keywords: Architecture | Education | Games | Proportion.

Resumo: Este artigo explora competências inovadoras e metodologias de aprendizagem que recorrem a plataformas de jogos para o estudo de metodologias arquitetónicas em contextos urbanos. Com base num estudo de caso sobre as proporções das cidades, a investigação analisa a relação entre jogos e educação arquitetónica. O avanço das tecnologias digitais permitiu experiências imersivas, e este estudo utiliza a natureza interativa dos jogos como ferramenta para compreender a complexidade do projeto urbano. Em ambientes virtuais, os alunos interagem com proporções e relações espaciais, desenvolvendo percepções sobre estética, funcionalidade e organização urbana. A abordagem reforça competências técnicas, estimula a criatividade e promove a resolução de problemas, preparando os alunos para desafios do desenvolvimento urbano. Os resultados defendem a integração de metodologias baseadas em jogos na educação arquitetónica, destacando o seu impacto na aquisição de competências e na compreensão das proporções urbanas.

Palavras-chave: Arquitetura | Educação | Jogos | Proporção



Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

Original Texto submetido à plataforma de deteção de similaridade e plágio ORIGINAL.

Os textos que constituem esta obra seguem, por decisão dos respetivos autores, a antiga ou a atual grafia.

O conteúdo desta obra é da exclusiva responsabilidade dos seus autores e não vincula a Fundação Minerva | Universidade Lusíada.

1. INTRODUÇÃO

Esta publicação pretende explorar os conceitos-chave de identidade e memória aliando-os a definições matemáticas, no contexto urbano da cidade, e na implementação de novas práticas metodológicas da arquitetura e do património.

As referências utilizadas permitem afirmar que toda esta temática tem vindo a ser tratada nos últimos anos por diversos autores. Este facto, não significa que os conceitos de identidade, memória, espaço público e metodologias da arquitetura sejam novos, mas evidenciam, no entanto, o estudo e uma recente abordagem aos mesmos, uma atual visão que os relaciona, uma diferente consciência que reconhece a sua importância nos dias que correm e no contexto da cidade contemporânea e do sistema pedagógico da arquitetura.

* Arquiteto e estudante de doutoramento na Universidade da Beira Interior (UBI). Desenvolve investigação no domínio da arquitetura e do território, com particular interesse nas dinâmicas urbanas, no planeamento e na relação entre arquitetura, espaço público e políticas locais. Paralelamente à atividade académica, exerce funções técnicas na Câmara Municipal da Covilhã, onde participa em processos de planeamento urbano, gestão territorial e intervenção no espaço construído. A sua experiência profissional na administração pública complementa a sua formação científica, contribuindo para uma abordagem integrada entre investigação, prática projetual e aplicação no contexto real das cidades.

** Arquiteto, docente universitário e investigador, com uma carreira académica e científica consolidada nas áreas da Arquitetura, Urbanismo, Desenho e Teoria do Projeto. Licenciou-se em Arquitetura pela Universidade Lusíada de Lisboa em 1994 e concluiu o grau de Mestre em 1997. Em 2008 obteve o grau de Doutor em História pela Universidade Portucalense, no Porto, com a tese *History of Perception in Project Action*, centrada na relação entre percepção, conhecimento e ação projetual. Em 2021 concluiu um segundo doutoramento em Arquitetura na Universidade Lusíada de Lisboa, com a tese *The Street as a Brand: Study Case Madalena Street in Lisbon Old Town*, dedicada à rua enquanto elemento identitário, simbólico e estratégico da cidade histórica. Iniciou a sua atividade docente no ensino secundário entre 1994 e 1999, lecionando História da Arte, Design e Desenho. Em 1999 integrou a Universidade Lusófona de Lisboa como assistente no curso de Arquitetura, onde lecionou Desenho I e II. Desde 2004 é docente da Universidade da Beira Interior (UBI), onde exerce atualmente funções como Professor Auxiliar. Na UBI tem lecionado unidades curriculares de Projeto de Arquitetura e Desenho nos diferentes ciclos de estudos, bem como a área de Barreiras Arquitetónicas no Mestrado em Gerontologia da Faculdade de Ciências da Saúde. Ao longo do seu percurso académico, desempenhou diversos cargos institucionais de relevo, incluindo Diretor do Mestrado em Arquitetura (pré e pós-Bolonha), Diretor do Doutoramento em Arquitetura, Vice-Presidente do Departamento de Engenharia Civil

e Arquitetura, membro do Conselho Científico da Faculdade de Engenharia e Presidente de Comissões Científicas de ciclo de estudos. Atualmente é coordenador da unidade curricular de Desenho do 2.º ano e Coordenador ERASMUS. É orientador de dissertações de mestrado e teses de doutoramento desde 2007. Desenvolve investigação nas áreas da percepção espacial, projeto arquitetónico, espaço urbano e identidade territorial. É investigador integrado do CIAUD – Centro de Investigação em Arquitetura, Urbanismo e Design (FAUL/UBI), desde novembro de 2024. Possui um extenso conjunto de publicações científicas nacionais e internacionais e colabora regularmente como revisor científico em revistas e conferências académicas.

*** Professora Auxiliar Convidada na Universidade da Beira Interior (UBI), onde exerce funções docentes no Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura, lecionando unidades curriculares como Geometria e Representação I e II. É também investigadora em Arquitetura e Urbanismo na UBI, integrando atividades de ensino e investigação. Doutorada em Arquitetura pela Universidade da Beira Interior, a sua tese abordou *A relação estética das artes plásticas na arquitetura de Miguel Saraiva*, explorando a intersecção entre expressão estética, artes plásticas e projeto arquitetónico, contribuindo para o debate teórico-crítico sobre percepção e forma no projeto arquitetónico. A sua carreira académica desenvolve-se num contexto de ensino superior e investigação com forte orientação para a conceptualização e representação arquitetónica, participando em conferências, seminários e masterclasses nas quais apresentou trabalhos relacionados com a representação, música e arquitetura. Tem também organizado e colaborado em eventos académicos e exposições, promovendo a discussão sobre temas contemporâneos do projeto e da teoria arquitetónica. Como parte do seu percurso de investigação, contribuiu com publicações e apresentações em eventos científicos de âmbito nacional e internacional, demonstrando uma produção científica consistente em domínios associados à estética, representação e teoria da arquitetura. A sua participação em conferências e eventos académicos reforça a sua presença na comunidade científica e o diálogo entre as práticas de projeto e reflexão crítica sobre arquitetura.

Quando se fala em identidade e memória, é abordar uma interligação do cruzamento criado por ambas, nas múltiplas possibilidades que podem ser desenvolvidas no âmbito da produção de imaginário histórico e cultural (SANTOS, 2004).

Por sua vez, abordar conceitos como a luz, a geometria, as formas, as cores e as proporções, isto é, relações matemáticas com a arquitetura e o espaço urbano remetem-nos para uma visão objetiva e holística da matematização da urbe.

À parte de um significado mais comum destas duas áreas, que habitualmente reside no discurso quotidiano, a definição destes conceitos que mais importa para esta reflexão é aquela que transmite a qualidade da relação entre as pessoas e o espaço.

Em pleno século XXI, tendo em conta todas as transformações e desenvolvimentos que assistimos diariamente, anunciam-se novas práticas criativas. Estas perspetivavam as dicotomias entre os limites tradicionais e as novas linhas de pensamento integradas nos diversos campos disciplinares.

Assumindo cada vez mais novos papéis, a arquitetura e os arquitetos, evidenciam-se como ativistas, artistas, agentes culturais e, acima de tudo, como agentes críticos das cidades numa relação direta com o espaço público. Estas alterações partem sobretudo da aplicação de novos modos da arte para agir sobre a cidade e, assim, à luz de novos conceitos e de novas formas de utilizar e aplicar a arte, assiste-se a transformações dos paradigmas pedagógicos e também da função e do papel do arquiteto e da arquitetura. É desta forma que se apresenta o caso de estudo de jogos com características de desenvolvimento matemático como uma nova abordagem pedagógica e metodológica no ensino da arquitetura e do papel do arquiteto na sociedade. Como caso estudo, foi implementado um projeto educativo vocacionado para crianças e jovens onde podem trabalhar a criatividade, aliada à arquitetura e ao património do meio em que se insere, abordando uma nova forma metodológica da arquitetura e do papel do arquiteto, assumindo a diversidade e a globalidade do tema, para que seja possível ao utilizador fazer, criar, mudar e aprender, pois acreditamos que uma criança quando exposta a um ambiente propício, à experimentação, à tentativa e erro, tem contacto direto com as ferramentas necessárias ao estímulo do espírito e sentido crítico e estético.

2. IDENTIDADE E MEMÓRIA: CONCEITOS

Falar em identidade e memória, é abordar uma interligação do cruzamento criado por ambas, nas múltiplas possibilidades que podem ser desenvolvidas no âmbito da produção de imaginário histórico e cultural (SANTOS, 2004). À parte de um significado mais comum destas duas áreas, que habitualmente reside no discurso quotidiano, a definição destes conceitos que mais importa para esta reflexão é aquela que transmite a qualidade da relação entre as pessoas e o espaço.

Quando se aborda o conceito de identidade, associa-se automaticamente ao de memória, uma vez que “a memória é um elemento constituinte do sentimento de identidade, tanto individual como coletiva, na medida em que ela é também um fator extremamente importante do sentimento de continuidade de coerência de uma pessoa de um grupo na reconstrução de si” (POLLAK, 1992).

A identidade é considerada uma área de estudo diferenciada dentro das Ciências Humanas e Sociais, pela sua abrangência letiva. Pode ser abordada em relação à questão de género, a partir da religião que se professa, pode ser construída com a contribuição da atividade profissional que uma pessoa exerce e através da ligação a grupos étnicos ao qual pertencemos. Desta forma, pode dizer-se que a construção da identidade ou identidades vai-se moldando consoante um determinado grupo se apropria dos seus valores e os perpetua na história e no tempo, passando-os de geração em geração.

Segundo Stuart Hall, “as identidades nacionais não são coisas com as quais nós nascemos, mas são formadas, transformadas no interior da representação” (HALL, 1999), parecendo estas “invocar uma origem que residiria num passado histórico com o qual elas continuariam a manter uma certa correspondência. Elas têm a ver, entretanto, com a questão da utilização dos recursos da história, da linguagem e da cultura para a produção não daquilo que nós somos, mas daquilo no qual nos tornamos” (HALL, 2000).

Jaime Lerner refere que “identidade, autoestima, sentimento de pertença, tudo tem a ver com os pontos de referência que uma pessoa possui em relação à sua cidade”, manifestando-se em espaços específicos, “locais que pertencem à memória da cidade e que são pontos fundamentais da identidade, do sentimento de pertença a uma cidade” (LERNER, 2011).

No que à conceptualidade da memória diz respeito, filosoficamente significa a capacidade de reter um dado da experiência ou conhecimento adquirido e de trazê-lo à mente no presente. Neste seguimento, Japiassú refere que a memória pode ser entendida como a relação entre um evento atual com um evento passado, com a capacidade de evocar o passado através do presente (JAPIASSÚ, 1996).

No seguimento das palavras de Japiassú, pode dizer-se que a proteção da memória é de suma importância devido à construção de uma identidade consistente de um determinado povo. Para tal, é necessário que não deixe de recordar e ir em busca das raízes e origens da história de um povo.

De acordo com Le Goff, a memória contribui para que o passado não seja totalmente esquecido, pois ela acaba por capacitar o homem a atualizar informações passadas, fazendo com que a história seja eternizada na consciência humana (ALBERTI, 2004). Pollak reforça o pensamento de Goff, afirmando que a memória pode ser classificada como seletiva, pois nem tudo fica registado. Desta forma, o passado permanece “vivo” no presente, fornecendo-nos oportunidades de reviver e relembrar estas memórias desde o momento em que alguém partilha as suas vivências, tornando-as memória “viva” (ALBERTI, 2004).

Neste seguimento, a memória tem sido considerada como um fator importante no papel de construtora de identidades, pois a partir dela, podem ser reconhecidos acontecimentos passados e ainda conservar as informações que nos são importantes preservar, tanto na memória individual quanto na coletiva (KRAISCH, 2007). Segundo Halbwachs (1990), (a memória) deve ser vista como um fenómeno coletivo e social, sendo os elementos que a constituem, tanto individual quanto coletiva, episódios ocorridos a nível pessoal e vividos de forma coletiva com quem a pessoa estabelece relações (POLLAK, 1992).

Os episódios referidos por Pollak ocorrem numa vertente emocional, mas também física no que diz respeito ao lugar. Existem lugares da memória, particularmente

ligados a uma lembrança, podendo ser lembranças pessoais, mas também coletivas que decorrem no tempo. Assim, estas podem realizar-se no tempo cronológico de forma prolongada ou de forma pontual, como por exemplo, um lugar de férias na infância, que permanece muito forte na memória, independentemente da data real em que a vivência se deu (POLLAK, 1992).

Em suma, Pollak reforça que a memória é um elemento constituinte do sentimento de identidade, tanto individual como coletiva, na medida em que ela é também um fator extremamente importante na continuidade da reconstrução de uma pessoa ou de um grupo (POLLAK, 1992). Assim, entende-se que a memória do grupo, como sinal da sua cultura, possui algumas evidências bastante concretas, tais como a própria identidade. A memória do grupo baseia-se essencialmente na afirmação de sua identidade refere Wehling (WEHLING, 2003).

3. IDENTIDADE E MEMÓRIA NO ESPAÇO PÚBLICO

Desde os anos 60, o tema da memória tem merecido cada vez maior destaque nos estudos sobre as cidades, numa perspectiva de abordagem que se contrapõe ao pensamento e prática do Movimento Moderno Internacional, especialmente no que se refere às características históricas, geográficas e culturais que dão identidade ao lugar (ORTEGOSA, 2009). “Identidade” e “Memória” enquanto qualidades fenomenológicas do espaço público e da arquitetura.

No entanto, todos diferentes, e os lugares onde nascemos, as cidades onde vivemos e as culturas, recentes ou antigas, que nos são familiares são diferentes. Praticamos essa diversidade sobre o conhecimento universal a que vamos tendo acesso. E se o espaço é memória do público, de que modo o público pode inscrever esta memória, formando e reformando o espaço que o contém? Torna-se, portanto, imprescindível referir que um local identitário será aquele em que “a população se relaciona com o ecossistema e se apropria do espaço” (BRANDÃO, 2005), pois encontra neste “oportunidades para desenvolver ações que tendem a alimentar a sua identidade pessoal, social e espacial” (FERREIRA, 2002).

Vítor Matias Ferreira distingue entre “os espaços públicos urbanos – na pluralidade diferenciadora dos respetivos espaços urbanos” e o “espaço público da cidade – na singularidade identificadora e identitária da cidade” (FERREIRA, 2002). Já Marc Augé faz a distinção entre “lugares” e “não-lugares”, conceitos referentes a dois tipos de espaço público. No que diz respeito aos primeiros, estes são “lugares antropológicos”, “portadores de três dimensões: são identitários, históricos e relacionais”. Por outro lado, os segundos não contemplam as qualidades referidas e “correspondem a um espaço físico, mas também à forma como os atores sociais aí se relacionam, correspondendo a uma lógica funcional cuja preocupação é tornar cada vez mais rápida a movimentação na sociedade e a satisfação das necessidades” (AUGÉ, 1992).

Contudo, são várias as opiniões que não se cruzam com a opinião de Marc. Onde Augé via não-lugares, Martinotti apresenta uma “nova morfologia social” impulsionada pelas exigências de mobilidade, habitualmente manifestada na periferia das cidades, ou no “periurbano”, permitindo uma relação estreita à “cidade central” (MARTINOTTI, 1999). Também a socióloga Maria Carmen Belloni, considera pouco plausível as definições de Marc Augé, “uma vez que esses não-lugares não deixam de reter parte im-

portante da experiência social, de modo a conferir-lhe alguma identidade" (BELLONI, 1999).

Francesco Indovina entende, ainda, esta dimensão identitária como parte integrante do espaço público, afirmando que "representa a condição para que se possa realizar a vida urbana" e que "constitui um fator importante de identificação (e também de identidade)" (INDOVINA, 2002).

É necessário reconhecer também o quadro cultural que move os arquitetos portugueses, pelo menos desde o Congresso de 1948 e, depois, marcos como o "Inquérito à Arquitetura Regional Portuguesa", publicado em 1961, ou o trabalho pioneiro no campo da crítica de Nuno Portas desde o final dos anos de 1950. Segundo o arquiteto Nuno Portas, "em relação à tradição urbanística pré-moderna conseguiu-se que a ruína e a diferença se tornassem mais importantes do que a continuidade (do espaço coletivo) e o reconhecimento de identidade (dos lugares)" (PORTAS,).

As definições anteriormente expostas demonstram o cruzamento de universos numa tentativa de distinção entre o domínio da identidade urbana e o domínio da memória urbana, sendo estes conceitos quase indissociáveis. Os lugares "correspondem a uma relação forte entre o espaço e o social, que caracteriza as sociedades arcaicas, e são portadores de três dimensões: são identitários, históricos e relacionais". Estas, simbolizam o espaço e dotam o lugar de um carácter antropológico e isto significa "tornar legível a todos aqueles que frequentam um mesmo espaço um certo número de esquemas organizadores, de marcas ideológicas e intelectuais que ordenam o social"⁴⁰. Assim, o lugar antropológico é triplamente simbólico, porque simboliza a relação de cada um dos seus ocupantes consigo próprio (identidade), com os outros ocupantes (relacional) e com a história comum" (AUGÉ, 1992).

O não-lugar representa o oposto do lugar, denunciando a ausência de uma relação forte entre espaço e o social. É através do não-lugar que se podem identificar os efeitos da transformação da sociedade contemporânea ocidental sobre a cidade (AUGÉ, 1992).

Aproveitando a distinção feita por Vítor Ferreira sobre a tipologia dos espaços públicos, há um espaço público num "patamar de mera funcionalidade urbana (...) o que, sendo urbanisticamente significativo, está longe das efetivas potencialidades sociais e culturais da própria projeção pública dos referidos espaços urbanos". Existe também um espaço "de maior exigência urbanística e sociológica, reconhecendo a capacidade de articulação dos espaços públicos com o restante território urbano". Por fim, noutro extremo, há um espaço público mais "urbano", "cuja condição fundamental é a de atuar em termos de integração do conjunto da cidade em causa".

Numa primeira distinção dicotómica dos espaços públicos, Ferreira reconhece a possibilidade de articulação e sobreposição de todas as vertentes, onde os espaços públicos urbanos e os espaços públicos da cidade "se ligam, se articulam e, no limite, se integram num mesmo projeto de identificação urbana e de identidade da própria cidade".

Independentemente da opinião e afirmações que se encontram, pode concluir-se que em relação aos espaços públicos reside o conceito de identidade, dependendo da tipologia e carácter funcional de cada espaço e do seu maior ou menor grau de articulação com o restante território urbano.

4. PROPORÇÃO E ARQUITETURA: RELAÇÕES 'MATEMATIZADAS'

Em pleno século XXI, tendo em conta todas as transformações e desenvolvimentos que assistimos diariamente, anunciam-se novas práticas criativas. Estas perspetivavam as dicotomias entre os limites tradicionais e as novas linhas de pensamento integradas nos diversos campos disciplinares.

Desde a antiguidade a arquitetura e a matemática estão intrinsecamente ligadas assumindo, cada vez mais, novos papéis na sociedade como agentes histórico-culturais das cidades numa relação direta com o espaço público.

Temporalmente, é através da primeira obra de Vitruvius, "De Architectura Libri Decem" de 1414, que observamos os primeiros registos de desenhos técnicos, isto é, plantas, elevações, cortes, ou seja, representações de edificações tridimensionais em duas dimensões, bem como o único tratado da arquitetura da antiguidade (CATTANI, 2001 apud PANISSON, 2007).

Complementarmente, estudou ainda a proporção do corpo humano, originando o homem vitruviano como o modelo para as medidas de uma edificação proporcional ao corpo humano.

Assim, assistiu-se no Renascimento ao fortalecimento do papel do desenho como ferramenta de cidadania do trabalho humano, bem como, à descoberta da perspetiva de Brunelleschi que possibilitou a execução e compreensão de projetos mais complexos e ambiciosos (ARTIGAS, 1967). Neste período destacaram-se, desta forma, vários arquitetos como Brunelleschi, Alberti, Palladio e Leonardo da Vinci.

Influenciado por Vitruvius, também Le Corbusier insistiu na preservação e desenvolvimento da ideia da proporção, neste caso, direcionado à proporção harmónica com a criação do modulator como um sistema de proporções baseadas no corpo humano, fundamentadas na razão áurea e na sequência de Fibonacci. Segundo Ching (1999), a unidade de habitação de Marselha em França, foi uma das obras na qual Corbusier aplicou o sistema referido anteriormente.

Neste seguimento, através do matemático francês Gaspard Monge, no século XVIII, surge a geometria descritiva, sendo considerada a base da linguagem utilizada pelo desenho técnico. Por conseguinte, quer a luz, a geometria, as formas, os cálculos e fórmulas, a cor, são elementos influenciados pela proporção na arquitetura e no espaço público, contudo também a proporção é alimentada por todos estes fatores que muitas vezes nos parecem reais por detrás do imaginário de cada indivíduo.

Abordando o tema da proporção e da arquitetura e a relação destas áreas desde a antiguidade, entende-se relevante que o contexto histórico e teórico esteja incluído na génese do estudo, complementarmente às técnicas práticas, permitindo abordagens mais aprofundadas na atualidade direcionadas para a criação de novas metodologias.

A arquiteta e curadora Susanna Moreira, afirma que "ao falar-se de práticas profissionais nas margens da arquitetura, fala-se também de práticas num campo multidisciplinar, pois consistem mais numa busca pelo entendimento das questões a serem trabalhadas e menos na procura por responder a determinadas questões". Afirma ainda que "em culturas ou contextos marcados por descontinuidades e interrupções historiográficas, existe um esforço para definir a identidade" relacionando processos de autoconhecimento e descobrimento, como a elaboração de projetos específicos (MOREIRA, 2019).

Desta forma, a simbiose na relação entre práticas arquitetônicas e artísticas tem já um longo percurso, pois, segundo Wisnik “se olhada a questão desde um ângulo histórico, veremos que a arquitetura e as artes [...] aproximam-se e afastam-se de forma descontínua ao longo do tempo, de acordo com o ‘espírito’ particular de cada época.” (WISNIK, 2012)

A relação estabelecida entre a arquitetura e a matemática é, também desta forma, paralela às várias épocas históricas, estilos e movimentos artísticos, bem como, as diversas práticas desenvolvidas. Nesse sentido, para a elaboração de novas abordagens, com o objetivo de alcançar uma proposta interdisciplinar e contextualizada historicamente, desenvolveu-se uma metodologia que agrupe as áreas abordadas no estudo.

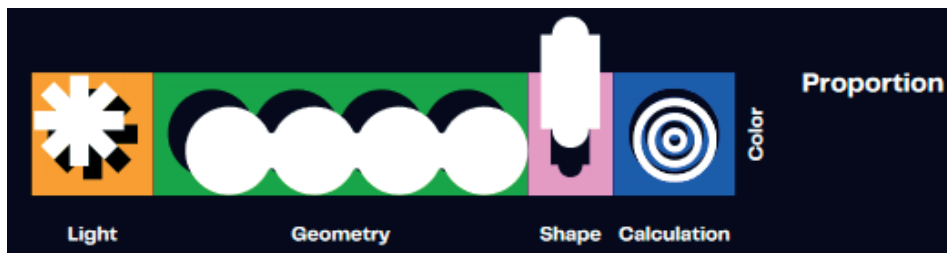


Figura 1 - Esquema explicativo de fatores matemáticos na arquitetura. Fonte: Ruben de Matos

5. WORKSHOP E JOGOS: CASOS DE ESTUDO

A digitalização da arquitetura abre a porta a uma experiência mais rica e significativa, em que o passado ganha vida e os participantes são transformados em historiadores temporários.

Para testar a metodologia em estudo, organizaram-se três workshops que abordam várias temáticas a estudar. Os três casos de estudos apresentados demonstram a eficácia da metodologia dos jogos no enriquecimento das ligações dos participantes com o ambiente urbano. Assim, os ateliers como o “Tangram” e o “Jenga”, permitem aos indivíduos explorar as formas e os volumes que constituem uma cidade. A oficina “Mala Pedagógica” procura aprofundar as dimensões históricas e culturais de um determinado local, enquanto uma terceira oficina incentiva os participantes a tornarem-se artistas urbanos, retratando os edifícios emblemáticos da cidade cruzando o desenho com aplicativos digitais. Estes ateliers não só proporcionam diversas vias de exploração, como também respondem a uma vasta gama de interesses e grupos etários. Atualmente, ouvimos as cidades serem descritas como selvas de betão caóticas, uma mistura de edifícios e ruas, com as suas ricas narrativas, formas e património frequentemente ignorados.

Através dos três workshops referidos anteriormente, surge uma oportunidade única para redefinir uma relação de proximidade com a cidade, sendo abertos a pessoas de todas as idades, desde crianças a adultos, com o objetivo explorar várias di-

mensões da vida urbana, promovendo, em última análise, uma ligação mais profunda entre os indivíduos e o seu ambiente urbano.

Workshop 1: as formas e volumes da cidade

No primeiro workshop, inspirámo-nos em jogos como o “Tangram” e o “Jenga” para nos debruçarmos sobre as formas e dimensões intrigantes que compõem uma cidade. Tal como as peças de um tangram que se encaixam para criar uma série de figuras, os edifícios urbanos colaboram para moldar a paisagem urbana em evolução. Através de atividades interativas e colaborativas, apercebemo-nos de que a nossa cidade é, na sua essência, um puzzle em constante mutação.



Figura 2 - Fotografia de jogos utilizados no Workshop 1. Fonte: Ruben de Matos

O Workshop 1 inicia uma exploração prática da estrutura física da cidade. Os participantes aprendem que cada edifício, rua e jardim desempenha um papel único na formação da personalidade da cidade, tal como as peças individuais de um puzzle complexo que, coletivamente, formam uma imagem coerente. Esta compreensão permite-lhes apreciar o ambiente urbano sob uma nova luz, reconhecendo a relação simbiótica entre a arquitetura e a vida na cidade.

Workshop 2: mergulhar na história e na cultura

No segundo workshop, apresentámos a “Mala Pedagógica”, onde criámos conteúdos como puzzles e jogos de memória a partir de marcos icónicos, eventos históricos e figuras influentes. Esta oficina consistiu em aprofundar aspetos históricos, culturais e patrimoniais da nossa cidade, não se tratando apenas de entretenimento, mas também como um mergulho na nossa história local de forma a enriquecer a compreensão das nossas raízes históricas. O património urbano ganhou verdadeiramente vida ao explorarmos os seus fundamentos culturais e históricos. O workshop não se trata apenas de entretenimento; trata-se de viajar no tempo através do passado da cidade, tornando a história uma parte integrante da experiência urbana.



Figura 3 – Registo de vários jogos da Mala Pedagógica (Workshop 2).

Fonte: Ruben de Matos

Workshop 3: perspetivas artísticas da cidade

O terceiro workshop integrou os temas que tínhamos explorado até agora - a história, a cultura, as cores, as texturas e as formas dos edifícios icónicos da nossa cidade. Neste workshop, tornámo-nos artistas urbanos, retratando as características distintas destes edifícios através de várias expressões criativas. Captámos pormenores das fachadas, desvendámos as histórias contadas pelas cores e examinámos as texturas que deram a cada estrutura a sua personalidade única. O resultado desta oficina foi uma criação audiovisual em que a realidade virtual através dos desenhos dos participantes ganha uma nova vida. Isto é, sentimos a cidade de uma forma mais profunda ao entrarmos dentro dela através da nossa criatividade e imaginação. Esta apreciação renovada e profunda da riqueza arquitetónica da nossa cidade, transporta-nos ao património arquitetónico da cidade a um nível artístico. A cidade torna-se uma musa, e os participantes, os seus artistas, mostrando as maravilhas arquitetónicas através das suas expressões criativas.



Figura 4 - Registo do workshop 3. Fonte: Ruben de Matos

Na sua essência, estes workshops foram além da educação; aprofundaram a ligação entre nós e a nossa cidade, estimulando o sentimento de pertença e o fomento da nossa identidade e memória local. Sentimo-nos mais ligados aos seus componentes, em maior contacto com o nosso património histórico, como algo que continua a evoluir, uma forma de expressar a nossa história (Crouch, 2010), um método de partilha de histórias (Dicks, 2000) e uma forma de nos ligarmos ao passado em diferentes locais e sítios, e de nos envolvermos mais criativamente com o que nos rodeia.

Esta metodologia tornou-se o coração da nossa transformação, promovendo interações, inspirando a criatividade, facilitando a partilha de memórias e revelando o incrível potencial dos esforços de colaboração para enriquecer a nossa percepção holística da cidade. Tem sido uma viagem de descoberta notável, que continua a moldar a nossa relação com a cidade a que chamamos casa.

Os workshops servem de catalisador para reimaginar a cidade e o seu lugar nas nossas vidas. Para além da mera educação, promovem um sentimento de pertença e de ligação. Os participantes não só aprendem sobre a cidade como se envolvem ativamente com ela, descobrindo as suas histórias ocultas e criando as suas próprias histórias. Estes workshops iniciaram uma transformação positiva, juntando as pessoas e encorajando uma apreciação renovada pela cidade a que orgulhosamente chamam casa.

O conhecimento arquitetónico é um aspeto vital da apreciação cultural e histórica, e a sua aquisição pode contribuir significativamente para uma compreensão mais profunda do património de uma cidade. Este workshop analisa uma abordagem inovadora - utilizando a aprendizagem baseada em jogos - como meio de melhorar as competências de reconhecimento arquitetónico entre os participantes na Covilhã, Portugal.

Metodologia: Um total de 185 participantes, respetivamente 110 crianças e 75 adultos, foram inquiridos para avaliar as suas competências básicas de reconhecimento arquitetónico. Os participantes foram então divididos em três grupos, cada um submetido a um workshop único, centrado nos estilos arquitetónicos locais da Covilhã.

Resultados: Os resultados dos inquéritos resultantes dos nossos workshops não só realçam o sucesso desta metodologia inovadora de aprendizagem baseada em jogos, como também exemplificam o profundo impacto que teve nos participantes. Antes de participarem nos workshops, apenas 45% das crianças e 35% dos adultos do nosso grupo diversificado de participantes possuíam competências básicas para reconhecer estilos arquitetónicos. Esta estatística de base reflete a falta de consciência arquitetónica que prevalece na nossa comunidade e a necessidade de soluções criativas para colmatar esta lacuna de conhecimento. O facto de mais de quatro em cada dez crianças e mais de três em cada dez adultos não possuírem competências fundamentais no reconhecimento de estilos arquitetónicos realça a significativa margem para melhorar a compreensão da nossa comunidade sobre o património arquitetónico que nos rodeia. No entanto, as avaliações pós-workshop produziram resultados impressionantes:

RECONHECEM ESTILOS ARQUITETÓNICOS?

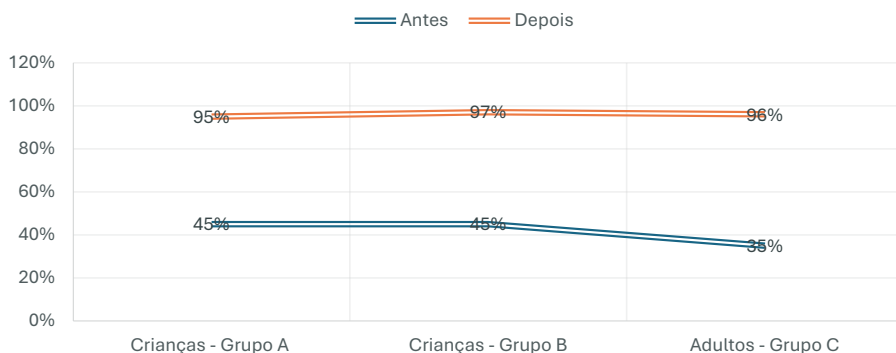


Figura 5 - Gráfico de resultados antes e pós workshop à questão: "Conseguem reconhecer estilos arquitetônicos?"

Por sua vez, através de inquéritos de satisfação ao universo apresentado, cada grupo foi auscultado sobre o interesse da metodologia apresentada antes e após a sua utilização. Antes de se iniciarem os workshops, apenas 45% das crianças e 20% dos adultos acreditavam que esta seria uma ferramenta positiva de aprendizagem, contrapondo com os 55% das crianças e 80% de adultos que defendiam que este tipo de metodologia não deveria ser utilizada como ferramenta educativa. Após terminarem as atividades, os três grupos revelam resultados que voltam a impressionar:

METODOLOGIA EDUCATIVA POSITIVA?

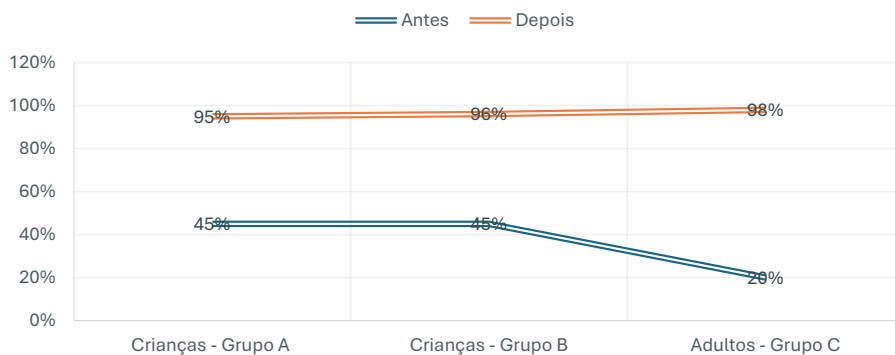


Figura 6 - Gráfico de resultados antes e pós workshop à questão: "Conseguem reconhecer importância nesta metodologia educativa?"

Estes números pós-workshop revelam mais do que apenas estatísticas, representam uma mudança profunda na forma como os participantes percebem e se relacionam com as facetas arquitetônicas e o espaço urbano da nossa comunidade. O que antes era uma lacuna de conhecimento foi agora preenchido com uma compreensão mais profunda do nosso patrimônio arquitetônico, despertando um entusiasmo pelo reconhecimento e apreciação dos estilos arquitetônicos únicos da cidade.

O aumento significativo da consciência arquitetônica, histórica e cultural entre os participantes é um testemunho do potencial das metodologias de aprendizagem baseadas em jogos. Ao transformar a arquitetura numa experiência interativa e agradável, a nossa abordagem não só envolveu os participantes, como também assegurou que os novos conhecimentos adquiridos fossem retidos e postos em prática. Esta abordagem pode ser aplicada em vários contextos educativos para promover a consciência cultural e histórica.

6. CONCLUSÃO

Através da aplicação de novas metodologias de práticas arquitetônicas abordam-se a criação de formas e objetos, mas também maneiras intangíveis de estabelecer relações entre pessoas e o patrimônio, estimulando a criatividade e o conhecimento pelo patrimônio e história local.

A metodologia inovadora dos jogos, oferece um meio poderoso de melhorar a nossa compreensão da arquitetura local, como motor de identidade e memória do espaço público. O artigo convida os leitores a reimaginarem a sua relação com os espaços urbanos e a embarcarem numa viagem de descoberta arquitetônica.

É aqui que a metodologia dos jogos se torna inestimável. «Game as a Study Methodology: architectural proportions in the city» oferece casos de estudo que permitem aos participantes explorar, analisar e planejar. É uma ferramenta poderosa para promover um sentido de comunidade, encorajar a cidadania ativa e ajudar a reconhecer o valor dos recursos e potencialidades da sua cidade e a promover a arquitetura da cidade. Este jogo inovador não só entretém, como também educa e inspira, tornando-o uma adição valiosa ao mundo dos jogos e do desenvolvimento comunitário.

O sucesso destes workshops não é apenas um feito educativo, mas um enriquecimento cultural e um passo no sentido de criar uma geração de indivíduos que valorizam e compreendem o patrimônio arquitetônico que os rodeia. A promessa de tais abordagens inovadoras tem o potencial de elevar a consciência cultural e histórica, transformando as cidades que habitamos em museus vivos do nosso passado comum e numa fonte de inspiração para as gerações vindouras.

Em suma, podemos afirmar que, tendo em conta o caso abordado, estas novas práticas metodológicas devem ser entendidas como uma abertura para um novo campo de ação para arquitetos e para a arquitetura e que não seja apenas um ensaio conceptual construtivo.

Assim, tentamos criar uma ponte entre a teoria e a prática, entre o ensino de arquitetura e a arquitetura como prática profissional, tendo um papel fundamental na preservação e conservação da identidade e memória de cada local, podendo ser encarado como um construtor emergente de espaço público identitário.

7. Referências

- ARTIGAS, V. (1967). O Desenho in: LIRA, J. T. C. e ARTIGAS, R. *Caminhos da Arquitetura*. São Paulo: Cosac Naify, 2004; pp.108-118.
- ALBERTI, Verena. *Ouvir e contar: textos em história oral*. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2004.
- AUGÉ, M. (1992) apud SÁ, T. “*Lugares e Não-lugares em Marc Augé*” in: *Artitextos 03 – Urbanismo, Arquitetura, Design e Moda*. Lisboa: Centro Editorial da Faculdade de Arquitetura, Dezembro 2006.
- BRANDÃO, P. et al. (2002) apud FRANCISCO, M. “*Espaço Público Urbano: Oportunidade de Identidade Urbana Participada*” in: *A Geografia Ibérica no Contexto Europeu: actas do X Colóquio Ibérico de Geografia*. Évora, Setembro 2005.
- CATTANI, Airton. *Recursos informáticos e telemáticos como suporte para formação e qualificação de trabalhadores na construção civil*. Tese de doutorado em informática na educação. UFRGS, CINTED, PGIE, Porto Alegre, 2001. Disponível em www.ufrgs.br/des
- CHING, Francis. D. K. *Arquitetura, forma, espaço e ordem*. São Paulo: Martins Fontes, 1999.
- CROUCH, David, (2010) *The Perpetual Performance and Emergence of Heritage*. Waterton, E., Watson S. (eds.), *Culture, Heritage and Representation*. Aldershot: Ashgate, 57–71. ISBN9781315258683
- DICKS, Bella (2000). *Heritage, Place and Community*. University of Wales Press. ISBN, 0708316689
- FERREIRA, V. et al. *Morfologias Urbanas e Espaços Públicos na Metrópole de Lisboa: Uma Aproximação Instrumental e Metodológica no Quadro de uma Investigação* in *Cidades – Comunidades e Territórios*, n.º 5. Lisboa: DINÂMIA/CET-IUL, Dezembro 2002.
- HALL, Stuart. *A identidade cultural na pós-modernidade*. Trad. (Tomaz Tadeu da Silva, Guaracira Lopes Louro) 3.ª Ed. Rio de Janeiro. DP&A, 1999.
- HALL, Stuart. *Quem precisa da identidade?* In: *Identidade e diferença: a perspectiva dos estudos culturais* / Tomaz Tadeu da Silva(org). Petrópolis – RJ: Vozes, 2000.
- INDOVINA, F. *O Espaço Público: Tópicos sobre a sua Mudança* in: *Cidades – Comunidades e Territórios*, n.º 5. Lisboa: DINÂMIA/CET-IUL, Dezembro 2002.
- JAPIASSÚ, Hilton & Marcondes, Danilo. *Dicionário básico de Filosofia*. 3.ª ed. Ver. E ampliada. Rio de Janeiro: Jorge Zahar editora, 1996.
- KRAISH, Adriana M. P. O. *O Património arqueológico como elemento do Património Cultural*. In: ANPUH, 2007.
- MARTINOTTI, G. (1999). Introduzione. In G. Martinotti (Ed.), *La dimensione metropolitana: Sviluppo e governo della nuova città* (pp. 9–61). Bologna, Itália: Il Mulino. journals.openedition.org+1
- MARTINOTTI, G. (Ed.). (1999). *La dimensione metropolitana: Sviluppo e governo della nuova città*. Bologna, Itália: Il Mulino. (ISBN 978-88-15-06684-8).
- MOREIRA, Susanna, *9 Práticas transdisciplinares que estão ampliando o campo da arquitetura*. <https://www.archdaily.com.br/br/928200/9-praticas-transdisciplinares-que-estao-ampliando-o-campo-da-arquitetura>
- LAMAS, José Manuel Ressano Garcia (2000). *Morfologia Urbana e desenho da cidade*. 2.ª ed..
- LERNER, J. *Acupuntura Urbana*. 5.ª ed. [Em linha] Rio de Janeiro: Record, 2011.
- ORTEGOSA, S. *Cidade e memória: do urbanismo “arrasa-quarteirão” à questão do lugar* in *Artitextos*, ano 10, n.º 112.07. São Paulo: Vitruvius, Setembro 2009.
- POLLAK, Michael. *Memória, esquecimento e Silêncio*. In: *Estudos Históricos*. 1989/3. São Paulo. Cpdoc/FGV.
- POLLAK, Michael. *Memória e Identidade social*. In: *Estudos Históricos*, Rio de Janeiro, vol. 5, n.º 10, 1992.
- PORTAS, N. *Um revivalismo modernista para quê?* In: BRANDÃO, P.; REMESAR, A.

- REGATÃO, José Pedro (2007). *Arte Pública e os Novos Desafios das Intervenções no Espaço Urbano*. Lisboa. Bond.
- SANTOS, Reinaldo Soares dos. *O Encanto da Lagoa: O imaginário histórico-cultural como elemento propulsor para o turismo cultural na Lagoa Encantada*. Dissertação (Mestrado em Cultura e Turismo) – Programa de Pós-Graduação em Cultura e Turismo, UESC/ UFBA, Ilhéus-Ba, 2004.
- WEHLING, Arno & Wehling, Maria José. *As estratégias da memória social* (In: *Brasilis: revista de história sem fronteiras*) Rio de Janeiro: Editora Atlântida, Ano 1 no1, 2003.
- WISNIK, G. *Dentro do nevoeiro: Diálogos cruzados entre arte e arquitetura*. São Paulo: Universidade do Estado de São Paulo, 2012.









JOAQUIM MARCELINO¹

CITAD – Universidade Lusíada, Lisboa

marcelino.c.santos@gmail.com | [id 0000-0002-6071-2283](https://orcid.org/0000-0002-6071-2283)

MEANINGS AND MAKING SENSE OF THINGS

SIGNIFICADOS E COMPREENSÃO DAS COISAS

[doi 10.34628/J7D9-F503](https://doi.org/10.34628/J7D9-F503)

Resumo: O texto reflete sobre o significado da matemática na arquitetura, questionando até que ponto fórmulas, números e estruturas racionais podem realmente fundamentar o sentido arquitetónico. A autora discute a tensão entre certeza e incerteza, racionalidade e subjetividade, mostrando como a perceção, a fenomenologia e a estética influenciam a compreensão das formas construídas. A partir de Husserl, Merleau-Ponty, Leibniz e da tradição helenística, argumenta-se que a arquitetura resulta da convergência entre regras objetivas e experiência sensível, e que o significado não reside apenas nas formulações matemáticas, mas na articulação entre arte, ciência e perceção humana.

Palavras-chave: Matemática na arquitetura | Fenomenologia | Perceção | Estética clássica | Subjetividade e objetividade | Significado arquitetónico | Formulação matemática | Ontologia da arquitetura | Certeza e incerteza | Vitruvius e estética helenística.

Abstract: The text examines the role of mathematics in architecture, questioning whether formulas and numerical structures can truly ground architectural meaning. It explores the tension between certainty and uncertainty, rationality and subjectivity, emphasizing how perception, phenomenology, and aesthetics shape our understanding of built forms. Drawing on Husserl, Merleau-Ponty, Leibniz, and Hellenistic traditions, the author argues that architecture emerges from the interplay between objective rules and sensory experience. Meaning, therefore, does not lie solely in mathematical formulations but in the dynamic relationship between art, science, and human perception.

Keywords: Mathematics in architecture | Phenomenology | Perception | Classical aesthetics | Subjectivity and objectivity | Architectural meaning | Mathematical formulation | Ontology of architecture | Certainty and uncertainty | Vitruvius and Hellenistic aesthetics.

¹ Architect, holds a PhD from the Tampere University of Technology, Faculty of Architecture, Finland. He is Professor at the Lusíada University, Faculty of Architecture and Arts, Lisbon, where he lectures History of Art and Theory of Architecture. He is a research fellow at CITAD, where he incorporates the research group on Architecture and Design and the Colour Laboratory. He has published or presented papers to international meetings such as "Aperion, zero and Havoc: Beauty in Aalto's tiles" (2018); "Colour Free Colourlessness" (2018); "Lookouts and outlooks: Lisbon,

tiles and topography" (2018); "Euclid and the Illusion of the Rainbow" (2014); "Unificando o Conhecimento Humano: adaptar a espera" (2014); "Serpentine Gallery Pavilion: Essays on Colour Environment" (2013); "Aalto and Kazimir Malevich: Selected Thoughts on Colour Environment" (2013); "Realm Art-Science: By Colour We Think" (2013); "Metagrass or a Tail of a Green Future Environment" (2013); "Euclid and the Illusion do Arco-Íris" (2013); "The Colourlessness of the Zener diode" (2011); "The Image of Lisbon: a criticism on Wim Wenders's Lisbon Story, 1994" (2007).



Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

Original Texto submetido à plataforma de deteção de similaridade e plágio ORIGINAL.

Os textos que constituem esta obra seguem, por decisão dos respetivos autores, a antiga ou a atual grafia.

O conteúdo desta obra é da exclusiva responsabilidade dos seus autores e não vincula a Fundação Minerva | Universidade Lusíada.

MEANINGS AND MAKING SENSE OF THINGS

Mathematics in architecture may suggest a supra-historical sense of architecture due to the role of mathematics in scientific explanation. However, we may say that it is art *in itself* that is supra-historical in a different way than we may find in mathematics when giving science a supra-historical sense. Presence of mathematics in architecture displays a double manifold character of being connected to science (and to all that science can provide), and to art (and to all that art conveys), and yet both art and science do not superimpose upon one another, that is, they have different objectives and meanings.

Unless architecture would absorb perfectly a metamathematical 'language' that would superimpose other creative forms of conceiving architecture, we may conclude that mathematics in architecture has been and perhaps would ever consist of partial references, due to free will and subjective character of creation. We may even think about irrational characteristics insofar as any rational ground may not support the use of mathematics in architecture. Nonetheless, physical constructive properties of materials would be grounds of rationality by all that can be imagined beyond such grounds and may have other characteristics, that would give rationality other expressions, or meanings.

In what might be a difficult assumption, the sense of continuity from science to art might be connected to the role of metaphysics in the development of science that can have guided "obscurely", or "secretly", methods and other ways of exploring the world we live in. And mathematics may have much to tell, or to hide, in this process.

(A POSSIBLE) INTRODUCTION

Are not the important qualities of architecture deeper than meaning? Are not those qualities deeper than the presence of mathematical formulae? They are. Also, similar questions might be put to mathematics. Are not the important qualities of mathematics deeper than those that we may endow with meanings by its presence in architecture? They are.

We may proceed by crossing qualities and meanings on architecture *versus* physics, mathematics *versus* physics, nature *versus* mathematics, architecture *versus* nature, or physics *versus* mathematics, and similar and we will arrive at similar conclusions. We may not seek for specialization as a need according to the pursuit of such conclusions but rather a natural development of each one of them finds its own way.

Then, would crossing possibilities through those different fields be a matter of necessity, a random causality, or rather a subjective choice? And would these possibilities introduce changes in their ontological meanings, or would they acquire extrinsic meanings? Would these extrinsic meanings be connected to ontological meanings, or would a crossing field create a completely alien meaning displaced from any former ontological referential? What seems to complicate the problem is the fact that necessity, causality, and subjective choice may not fall into an objective logical structure. Then, meaning, and meaningless may meet each other with no clear reciprocal answer.

APODICTIC. UNCERTAIN. SUBJECTIVE.

Architecture is not alien to general humanistic problems that can be found in the “exclusive” realm of ideas ranging from the apodictic to the illusive. A basic decision of laying down stone on stone, brick on brick implies decisions, knowledge. However, despite dealing with objective real things that obey physical laws, or properties such as mass, weight, form and shape, texture and attrition, resistance to compression and tension that can underpin rational displacement and organization of parts, it does not mean that subjective decisions may not combine with decisions whose base claims to be rational and apodictic. We may even question to what extent the presence of the subjective may loosen grounds for certainty.

Aesthetic experience moved by emphasizing subjectivity and might have overcome a sense of objective aesthetics. We may regard Gestalt as being on the wake of a scientific base, but phenomenology might be accepted by many scholars as an acme of a movement towards subjectivity. In fact, this was a hard task and Husserl and Merlau-Ponty needed to bring together the extreme subjectivism and the extreme objectivism, otherwise their philosophic prose would suffer a sense of *incompleteness* that eventually could mean nothing but uncertainty. Mikel Dufrenne was able to properly ground the aesthetic experience and we became familiar with dealing with such experience in an equivalent way to that which a scientific reality can provide. Yet, perhaps the most precise and concise idea to ground the apodictic would-be Husserl's phenomenon of *absolute* consciousness which can be discarded as myth (DALLERY 1990: 35-43). But by accepting *absolute consciousness* as real we will find that any sense of subjectivity would then be granted with a sense of absolute. Thus, subjectivity would leave behind uncertainty.

A FEW PROBLEMS TO REFLECT ON MATHEMATICAL MEANING FOUND IN BUILDINGS

The questions formulated here are based on the extensive criticism that Husserl put forward in *Krisis* and suggests serious misconceptions of the meaning that formulae in architecture can have especially those perceived by the eye. What I suggest here is that Husserl aimed to properly ground perception and psychologism which was a major obstacle to ground sciences even if he treated widely natural and human sciences. But the argument is centred exclusively on the consequences we may find in the notion of architectural reality when we have architectural forms and shapes outlined by mathematical formulae.

Let us put the following problem which is a consequence of the way Husserl's *Krisis* shook the world (DALLERY 1990: 24-25):

If (1) there is, indeed, a crisis in sciences, understood as a the *Natur- und Geisteswissenschaft* (natural and human sciences); (2) a crisis of philosophy; and (3) a crisis of culture;

If what was lost was, (4) primarily the origins of subjectivity, (5) whose responsibility goes primarily to *numbers and formulae* which also (6) caused natural sciences and human sciences to disintegrate, disjoined, or being disjoined;

If from this state of things, we have to realise that (7) sciences lost their meaning to human life because (8) sciences intrinsically proceed by manipulation brute facts without ever raising questions of value and meaning:

We cannot in any instance fall away from the central role played by (5) *numbers and formulae* and we would be forced to conclude that every historical use of any number of convention or formulae in architecture must lack meaning because the presence of meaning and formulae imported from mathematics of science represents exactly the absence or loss of meaning. It may sound paradoxical that what we add in value represents the loss of meaning and this paradox can only be solved by attending to different ontological characteristics of art, science, and mathematics whose meanings should remain unchangeable to some extent when they meet at crossing roads.

PROBLEMS IN THE NOTION AND ROLE OF PERCEPTION – SENSING THE WORLD

Yet, this seems to be a major concern in the ways we ground our acquaintance, because returning to perception to ground knowledge might not solve the problem. There is a contradiction on what should and what can be perceived. In the Renaissance, perfect acquaintance with the object by entering a church would mean to be familiarized and to decodify all formulae present and their given symbolism. However, if that would be the case, especially all architects who created temples would suffer from a lack of access to meaning insofar as the presence of formulae, at its best, would symbolise the displacement between subject and object.

In a less radical way we may simply assume that the essence of the building would never be mathematical otherwise it would lose its meaning as a human object even when the architect decides to prescribe *number-formulae* data to organize the composition of the building. This goes further, the golden section cannot be understood as the essence of the building even when it is displayed.

This seems valid in the context of contemporary architecture where algorithms may create forms, but we may never be acquainted with those formulae that provide forms and shapes unless we are deep in the process of creating them. In this sense we may assume that those formulae may not confine deeper meaning in architecture.

However, usually we easily find the key to those formulae because architects like to describe their building which is a practice that we can trace back to Greece and to the genesis of the theory of architecture such as we know it today. Yet, describing the algorithm by presenting a formula and accepting it as the final accurate description would mean that we are centring the deepest meaning of architecture in mathematic formulae. Indeed, we are assuming that formulae describe buildings better to an extent, and that perception alone cannot. Thus, shapes and forms might be attractive, but it may not be clear where, how and why we should centre the origin of architectural meaning. Moreover, if we accept that is the architect is the key actor here because he can decodify what the perceiver cannot, then, the role of the *subject-perceiver* is of lower importance even when it is the destination of the object because his perception would always be incomplete.

Returning to perception and being more radical, phenomenological inquiry may have found serious implications and problems especially when assumed as a privileged form of *giving meaning*. Because it is not sharply clear how sense experience is the fun-

damental one, as mathematical formulae will only ever describe better what perception cannot. Furthermore, even the sense of completeness is given only at a final stage by what mathematics can describe. We may have Merleau-Ponty in mind and rejecting that reflection a posteriori would legitimate perception and that all begins in perception, however, it seems hardly avoidable that there are meanings that are not given by perception, and we may question if it is perception that really grounds those meanings.

Certainly, all these formulations might be challenged by architecture and architectural experience. *Trompe-l'œil* is centred by deceiving the eye and emphasizes vision as the privileged way to experience space. As we have moved from one vanishing point to two or four, we have also left behind the *quantum continuum* characteristic of the early perspective whose sense experience was not far away from its mathematical structure. We see it in Raphael's *School of Athens* (1508-1511) where the localization of the vanishing point is clear. However, in the Baroque, in order to have a perfectly deceiving experience of the eye the mathematical framework would need to be absolutely hidden. Thus, what would be a perfect mathematical experience would be nothing but being opaque to it, the laws that created deception. Gian Battista Tiepolo (1696-1770) was a master of this illusion at an age when mathematics was given autonomy through the *calculus* under Isaac Newton (1642-1727) and Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716).

We can think that absolutely free sense experience seems difficult to archive and that the realm of art enlightens this limitation of perception because artists and architects can determine to some extent what should be and can be perceived. But if this is true and being aware that *trompe-l'œil* departs from reality, how can we grant that reality is always perceived free of deceiving? And how can we grant suitable meanings to phenomena that we have not granted to be acquainted with properly?

Yet, there must be ways of controlling uncertainty, otherwise we are not able to construct anything suitable further on. But we may recall Georges Gusdorf and not being surprised with the role of mysticism as a background to science (GUSDORF 1993). What we may call "rational" might have been elaborated through many different notions.

Last but not the least we may recall Hellenistic-Roman duality objective *versus* subjective and combining these notions with an important aspect of the seventeenth-century aesthetics and we may reflect on the way how theoretical problems may assume different expression in architecture.

"In the 17th century, philosophers began to question assumptions that had hitherto been accepted almost universally. The doubts they raised were of two kinds. Certain philosophers, like Descartes, Spinoza and Hobbes, held that beauty is not an objective property; others, among them Leibniz, held that it is not capable of being rationally grasped." (TATARKIEWICZ 1974: 371)

According to LEIBNIZ (in *Principes de la Nature et de la Grâce*),

"Music charms us, though its beauty consists merely in an accord between numbers, and in the fact that, though our souls prevent us from noticing it, we are continually counting the strokes and vibrations of sounding bodies, which meet at certain intervals. The pleasure afforded the sight by propor-

tions are of the same kind, as too are the pleasures deriving from the other senses, all of which can be reduced to something similar, though we cannot explain what that thing is." (TATARKIEWICZ 1974: 382)

Holding "that beauty is not an objective property" is a stable proposition in meaning. However, Leibniz by stating "we cannot explain what that thing is" can be read as *uncertainty*, or at least *incompleteness*, but the fact that *numbers* and *proportions* exist and are the necessary vehicle to the aesthetic experience cannot be avoidable. Thus, Leibniz solution appears to be more comprehensive, more ambitious because it combines two systems. Firstly, there is a single framework to beauty, and it is mathematical. Secondly, using a number terminology, it is incommensurable even if based upon things that in their own are commensurable.

Regarding baroque architecture and the fundamental role of the *trompe-l'œil* on deceiving (subjective persuasion) and the mathematical apparatus behind that illusion (rational, objective), we may conclude that there was something fundamental in baroque architecture that emanates by the convergence of the two seventeenth century convictions. We would accept the hidden presence of mathematical formulae because beauty is not an objective property. We do not need to display the apparatus such as would be typical in the Renaissance in which precise decorative geometry of pavement inlays would be aligned with and would emphasise rhythms of columns and arches. In this case, such as in the mentioned Raphael's School of Athens the *geometrico-mathematical* apparatus would be obvious.

Secondly, there is a "more serious" reason which can be regarded as a *loss of certainty* in mathematics. Even knowing that beauty arises from numbers – mathematical formulae – we would not be able to be conclusive about an intrinsic value that brings together the subject and the object. However, it can be suggested that it is precisely this loss of certainty that enabled architects and artists to explore further mathematical formulae in architecture and thus giving spaces their vivacity. Architecture might have "solved" the problem of subjectivity *versus* objectivity in its own way and the conceptions of mathematics regarding aesthetics were fundamental in this process.

CLASSICAL AESTHETICS AND VITRUVIUS ON ARCHITECTURE.

We would like to emphasise that the problem of objectivity *versus* objectivity is not new and Hellenistic aesthetics was able to combine them, organized them according to a hierarchy and thus making both approaches operative and meaningful. Mathematical formulae appear somewhere in this process. But certainty was not granted by mathematics alone but, perhaps, by a basic rational conception of the world and posture regarding reality that would also comprise mathematics.

Problems regarding the apodictic, uncertainty and subjectivity may be found in the way classical aesthetics were organised and we may reflect on their consequences that may even be found today. An approach to this problem is to think about what was rational and what was understood as subjective and how they have organized the duality, rational-subjective in a way they could work with these notions together while conceiving and constructing buildings. Rational is the realm of a set of rules while

subjective arises from experience, from the way we directly fashion the world and art. The easiest way to find and proceed from a set of rules was understood. And this was framed upon mathematical systems which need invariable symbolic schemata to grant a permanent relation through those symbols. These facts have consequences in the way we may oppose experience to reflection and has had consequences in art and science.

“... at quite an early stage, the Greeks evolved two types of culture, the Dorian and the Ionian. The Ionians preserved more Mycenaean culture and also came under the influence of Cretan culture and the culture of the flourishing civilizations of the East in whose proximity they had settled. This duality between the Dorian and the Ionian culture dominated Greece for a considerable time and is discernible in her history, particularly in the history of her art and theory of art. The Greek search for constant norms in art and immutable laws governing beauty stemmed from the Dorian tradition, while their love of living reality and sensory perception stemmed from the Ionian tradition.” (TATARKIEWICZ 1970:13)

We hardly conceive subjective experience emanating from a set of *geometrico-mathematical* rules and yet the sense of freedom to be found there must be different, has to be different while arising from the rational or, either, from the subjective. Existence of rules may not mean a lack of resources to explore meanings and a subjective base may not come to an end where meanings were so opaque that they cannot be shared by individuals. This possibility that even a symbolic agreement that makes language possible – and thus communication – would be impossible.

What is particularly challenging is the fact that, in itself, the use of a particular set of rules – therefore rational – might be nothing but a subjective choice. Often, it seems not so grounded, decisions that we can identify either as rational or subjective. Yet we may think about subjective and rational criteria and about ways in which we may combine and organise them. But from the outset we may keep in mind that such a working framework should have some symbolism and even principia that in its origin may take us to field such as mathematics.

Vitruvius's *Ten Books* reflect not only Roman aesthetics but especially late Hellenistic aesthetics where we founded the basis for his writings.

“To a great extent Vitruvius’ analysis of architecture lay within the technical field of Hellenistic aesthetics, as opposed to the humanist standpoint adopted by contemporary philosophers, poets, rhetoricians, and even painters and sculptors. In architecture, however, the problems were somewhat different. There was no dispute over whether form or content should take precedence, whereas both the social and optical problems of aesthetics were prominent.” (TATARKIEWICZ 1970: 274)

Consequently, architecture appears to them as a possible source of objective knowledge where we may combine different aspects of rationality. Such tendency

would have been of great importance since the meaning of architecture was wide ranging. According to Tatarkiewicz,

"What the ancients called "architecture" actually consisted of the sum total of technical knowledge which included building (*aedificatio*), clock-making (*gnomonice*), the construction of machines (*machinatio*) and the building of ships (in Vitruvius' work only this last is missing). Building was divided into private and public, and the latter was in turn divided into buildings which served defence (*defensio*), worship (*religio*) and the requirements of public life (*opportunitas*). Tombs as well as temples and altars were included among structures of a religious character, while the *opportunitas* category included ports, squares with depots and basilicas, offices, conference halls, prisons, granaries, arsenals, theatres, amphitheatres, odeons, stadiums, hip-podromes, gymnasiums, palaestras, baths, wells, cisterns and aqueducts. All this variety was a phenomenon characteristic of Hellenistico-Roman times in contrast to the early Greek period when architecture was in practice confined to temples." (TATARKIEWICZ 1970: 270-271)

This vision implied that what was expected from an architect was very demanding and embraced many fields that in a contemporary sense we have no longer placed together. It is, somehow surprising that architecture was not placed among *studiis excellentes* since the pure theoretical knowledge (*ratiocinatio*) was required for the foreman. And the "Greek word for "foreman" (*architekton*) has given the whole art of architecture its name." And most building workers were called *fabritektones* where *architekton* was differentiated by his responsibility and leadership and the latter would need to be intellectual too despite of other skills we would need to possess.

Characteristic of Vitruvius is the necessity of combining aesthetic character with technical character and thus we have as fundamental stability (*firmitas*) and usefulness (*utilitas*) and beauty (*venustas*).

"He distinguished as many as six elements of architectural construction: *ordinatio*, *dispositio*, *symmetria*, *eurythmia*, *decor* and *distributio*. These terms have no precise equivalents in modern architectural theory; *ordinatio* may be tentatively rendered as "order", *dispositio* as "arrangement" (or rather, "proper arrangement"), *decor* as "suitability", *distributio* as the "economy" of a building. We have to retain the original Greek terms of *symmetria* and *eurythmy* because no modern term conveys their special meaning. Vitruvius and other Romans also failed to find suitable Latin equivalents. *Non habet Latinum nomen symmetria*, writes Pliny. These two concepts had a general aesthetic application, whereas the remaining four were concerned specifically with architecture." (TATARKIEWICZ 1970: 272)

These are the known concepts and any study on Vitruvius would strongly focus on them, often exclusively. However what Tatarkiewicz explains is the ability to understand them deeply with their nuances and keep them apart from their readings a

posterior even if it was exactly what was made *a posteriori* and, last but not least what we are doing through these lines. At the present, this further analysis represents the search of how and to what extent different aspects of art and architecture could be combined and how mathematics plays a role in them.

The Hellenistic apparatus was quite complex, and we know that important writings were lost, but statements regarding aesthetics are found throughout philosophic writings. Vitruvius, being himself an engineer, laid down data precisely as well as we identify their origin. Such precision is also found in Euclid's *Elements*, but the origins of geometry have to be found in a broader way, for instance by realising the way in which the Greek emphasised their Egyptian and Babylonian background.

We will proceed through three groups of concepts according to which we may organize Hellenistic-Roman aesthetics:

"The first group included concepts denoting that which pleases the eye, above all the two concepts of *aspectus* and *species* (prospect and shape), both essential to the aesthetics of the visual arts. An even more general concept denoting visual beauty was *venustas* (*symmetria* belonged to a different group), while *elegantia* was applied to a more precious type of visual beauty. In this group we may also include another concept used by Vitruvius, namely *effectus*, that is, the effect of a work on man." (TATARKIEWICZ 1970: 274)

We may see this group as made from a combination of subjective factors which by being centred in vision would make visual perception subjective. However, we may ask if there would be other characteristics of art and architecture which, not being subjective to the glance would be confined with aesthetic pleasure and thus being able to think of subjective versus objective aesthetics. Proceeding,

"The second group included the concepts of relation, number and measure, which decided of the success and the beauty of a work. The foremost concept was *proportio* and others included *commodulatio* (i.e., the employment of a single module, a single measure), *consensus membrorum* (agreement of parts among themselves), *convenientia* (suitability of parts), *compositio* (order), *conlocatio* (disposition) and *commoditas* (accordance). All the terms of this series are related, first through the common prefix *con-* (together). Some (*commodulatio*, *commoditas*) are derived from *modus*, one of whose meanings — and the meaning applied to it in architectural theory — was "measure" (TATARKIEWICZ 1970: 274)

Conclusively, Tatarkiewicz criticizes the relationship between the first and the second group,

"Just as the first group covered sensory qualities, so the second group dealt with rational ones. This duality is quite natural. Ancient theoreticians were aware that architecture pleases either because it gives the spectator direct,

sensuous and visual satisfaction or because the spectator recognizes in it proper measures and successful solutions.”

This is particularly important because not only Greeks evolve two types of culture, Ionian (stressing reality and sensory experience) and Dorian (constant norms in art and immutable laws governing beauty), but they could combine subjective and rational characteristics of aesthetics in art and architecture. And since this capability of conciliation seems far more simple and easy to construct in art and architecture than in a pure world of ideas we may not dismiss this importance when we reflect upon mathematical formulae in architecture, in the sources and fundamentals.

“Vitruvius had yet a third group of concepts. These had a social character and pointed to the social conditioning of good architecture. They included such concepts as *probatio* (probation) and *auctoritas* (general approval). Just as the first group served mainly to define eurhythmy and the second to define *symmetria*, so this third group served to define the suitability and, to some extent, the economy of architecture.” (TATARKIEWICZ 1970: 274-275)

We could say that according to Viollet-Le-Duc this third group would represent relative characteristics of architecture – we may even say subjective – in opposition to objective characteristics of architecture (such as construction and structure that emanates from objective physical properties). However, we may also think on Habermas and realising that there is a rational framework that organises society and their conceptions and beliefs. Thus, we may think that the third group has a rational body built in it, in what it organizes and the way it organizes. We may not be telling about formulae, but all together, the three groups might be seen as three different *sub-sets* of another set which is architecture itself.

What we are implying here is that what might be seen as mathematical might not be number and formulae alone. In themselves we may say that these three groups are organized in terms of quality and free of quantification. However, they have other properties which are fundamental to further mathematical development. We may see a classification according to symbolism which has an invariable property given to each symbol and this is the reason why we can talk about them separately, in groups, or combine them. And symbolic language is essential to mathematics. Conceptually we may think about the presence of a general *proto-mathematic-like*, though which engages formulae with *number-free* concepts.

According to these ideas a final reflection can be made. There seems to be an *a priori equivalence* between the two systems, the rational and the subjective. This system presents a second important characteristic, it does not separate in theoretical terms, a theory of creation according to which the architect proceeds from a theory of perception – the *subject-perceiver*. Last but not least, we may reflect that if the importance given to formulae in ancient buildings acquainted by the way we perceive them reached such high importance especially because it was not centred in formulae alone. Thus, and contrary to what much literature says, even the golden section would not be the key to beauty even when it is confined to it.

MATHEMATICAL REALISM

Hellenistic art, painting and sculpture was centred in the imitation of nature. Thus, art would be made of beautiful objects, not because there was an intrinsic beauty in themselves but to the extent that they would prove to imitate things properly. What we would find later in the Renaissance, in Leonardo's drawings as in other artists is the search for the ways how nature is and can be represented accurately. In Greece we find mathematical proportions in temples such as we find in sculpture. Thus, mathematics does not display an intrinsic autonomy because it must prove that it is successful as a tool to represent reality. We may also think about architecture as being *an-itself-for-itself* but such characteristic, if it does exist, does not make it useful for representation of nature in art. We then must consider that mathematics in art may confine to the extent that it serves a purpose, very close to what may be meant by applied mathematics.

"Yet other works portrayed the material forms of things not for their own sake but in order to convey psychological facts, that is, character, *feelings*, experiences of people. Instances of this are discernible particularly in Baroque and Romantic works, in the painting of El Greco or Delacroix." (HARRELL 1973: 128)

Focusing our attention on Baroque and taking into account what has previously been observed in the relation between art and mathematics, we can add substantial facts to the discussion. Mathematical formulae in buildings have been put under the service of mental entities which are even more vague than *forms of ideas* and thus indiscernible at the level of geometric forms. These might take us to different questions.

Would mathematics have suffered an impressive loss of certainty? Would we believe that there are psychological manifestations that can be translated into geometric forms? If so, which forms and why any other forms, since we face the problem of the existence of an infinity of forms. But, in the case that feelings cannot have a scientific explanation conveyed by mathematic formulae leading to a form, we have just gone through a path of no return where the only certain thing is uncertainty.

Then, the most plausible validity of mathematics seems to be given by art and to its subjective presence in the art object, or the architectural object. Such a fact is particularly interesting because we can centre our attention exclusively in art and on different possibilities that art has to organize its own system of references, which is so powerful that we can explore metamorphoses in meanings from the uncertain through to the subjective to the rational.

Mathematical loss of certainty would be valid for the present reflection because it emanates from the acknowledgment that reliability of mathematics lies in the immutability of symbols which created a biunivocal crystal-clear rationality symbol-object. Thus, certainty would be automatically questioned when the object is ambiguous even if we recognize that a single mathematical entity, or symbol, can represent different objects. The object cannot be uncertain, undetermined.

SOURCES OF MATHEMATICAL REALISM

The source of *mathematic realism* is *natural realism*, meaning “natural” that originates from *nature* and thus mathematics is grounded on the experience of the world we live in. The “historical origin of mathematics is signalled by our continuing use of the word geometry, the measurement of land” (KLINE 1980: 307). What we have been concerned with is (1) about the way how the knowledge of the experience of the horizontal surface of the Earth was taken to a vertical wall, a column; (2) how other problems were found intrinsically in mathematics favouring its autonomous development; (3) how mathematics appeared at the core of mental entities which were not given neither by the land-wall reference, nor by pure mathematical entities, and (4) questioning if mathematics has moved from an original properly grounded certainty to a loss of certainty. The highlighted duality of Greek culture was particularly important in the evolution of this process and the arguments came to be centred in art and architecture.

This source has another characteristic which is the “*oculocentrism*” (Casey 2007: 172). The presence of visual perception over other sensorial experiences may not be displaced from the presence of geometry and the use of mathematical formulae in art. “*Oculocentrism*” combines with geometry in diverse forms and these combinations seem to be free of limitations. We can regard the geometrical approach of Baroque simply as a phenomenon created by this interaction.

We can understand several combinations of systems, but soon the outcome of non-Euclidean geometries went further in showing “that the axioms of Euclidean geometry were not truly solid strips of earth but only seemed so on superficial inspection” (KLINE 1980: 308). The problem seems particularly deep since we may formulate a sense of an *universal* ideal of absolute beauty. But how can we accept such a notion if the mathematical apparatus which we have used to describe is not universal? Thus, if the legitimacy of art consists primarily of a mathematical content, we may be forced to conclude that all previous art production was incomplete in terms of human fulfilment. However, by reversing the problem and departing from forms of aesthetics whose legitimacy would not depend on the primacy of mathematics, we would not face this problem of loss of certainty in art due to a loss of certainty of mathematics.

RECOVERING CERTAINTY IN STRUCTURAL CALCULUS

We know that Guarino Guarini was a remarkable mathematician and that he used calculation tables in his buildings, but they have been lost. His structural calculus was precise and conjugated with targeting psychological experiences. Consequently, it would not be surprising that in the following age mathematic certainty will be rebuilt afresh from structural calculus.

Henri Labrouste (1801-1875) read classical proportions as constructive-structural related which was an idea initiated by the neo-classicists in its own way that included clarity of forms and the abandonment of ambiguous systems of cargo and support. Thus, identifying a clear distinction between what is a column and a wall and what these both respectively support.

It is mathematical certainty that makes the new iron-glass structures possible and represent, according to Christian Norberg-Schulz, the true creative architecture of the nineteenth century (NORBERG-SCHULZ 1988: 173-175). And such methodology can embrace all materials ancient and moderns, as also recovered ancient technologies afresh. Calculus can embrace and underpin any kind of material and structure to fulfil any kind of typological destiny being it bridges, private or public buildings, and so on.

These mathematic possibilities came along with a change in the conception of nature to be seen as a system of processes centred in energy. And only mathematical formulae seem accurate to both. Thereby, describing and understanding such processes question the privileged position of *oculocentrism*, in relation to its capability to describe and understand nature.

The steam engine invented by James Watt (1736-1819) also placed mathematics in the centre of the new industrial civilization. Many considerable accidents occurred because his calculus was not respected. Reliability of mathematics seemed easy to acknowledge in this new practical era.

However, the rational and the subjective did not vanish from aesthetics. The question concerning the architectural form, whose substantial base would need to be fundamentally its constructive and structural character, or other rational base (such as function), or rather a subjective, or even ambiguous base would continue throughout the nineteenth and twentieth centuries. Briefly, Modern Architecture was concerned with the expression of a rational base, preferably scientific and Robert Venturi questioned the illusive presence of such rationality through history.

This opposition, duality, or conflict comes from the stream of time, what is seen and what is hidden. We do not see and hardly guess the calculus of a truss if we are completely alien to its reality. We may have a general idea of the adequate sections of the parts of the truss, but we may also think about the number and section of the rivets. It is rather complex unless we are familiarized with the properties of materials, their possible geometries, and the ways they can be assembled. Mathematical formulae are hidden, and they are confined to the properties, shapes and forms of materials.

However, the problem is how far can we make *tavola rasa* of subjectivity. And if we do not, not only mathematics moves out from the centre of architecture, but mathematical formulae would be more permeable to be allocated in different ways into architecture.

CONCLUSION

The presence of objective (rational) and subjective approaches to architecture is widely historical. We find this duality comprehensively detailed as early as ancient Greece where they were able to, not only formulate the two systems, but also to combine them and work with them successfully.

There are different forms of rationalization and mathematics is only one of them. Subjectivity itself shows to be effective when organized by a rational system of its own. Furthermore, it would have been probably impracticable for the Greek to work with both systems if they would have not been able to organize subjectivity.

Objective *versus* subjectivity seems central in order to avoid uncertainty. Phenomenology itself and beginning with Husserl needed to find ways to combine them. Certainty being the *opposite of uncertainty* might have other names such as *absolute* which brings about what we *actually* can define as absolute. This is a base of the system, and it is a symbol in itself that would determine all outcoming symbols as well as their meanings.

Combining architecture with mathematics might not be so clear when inquiring where the meaning comes from. Moving from one basic referential to another, from art to mathematics and *vice versa* elucidates the impossibility of reciprocity of meanings, of biunivocal meanings that give symbols absolute unchangeable meanings. This is a completely different behaviour from that we may look for in tensor analysis. By working out the permanence of physical laws from different referentials. "Physical laws, if they are to be valid, must be independent of any particular coordinate system used to describe them mathematically." (MURRAY-SPIEGAL 2009: 189). This fact may put in evidence that mathematics *serves* architecture in a different way that serves science and therefore, the presence of mathematics in architecture cannot be legitimised by scientific acquaintance. Furthermore, architecture cannot be scientific even when using scientific data.

But we need to see and experience the building. A single example may be appraised. Tadao Ando's *MPavilion 10* (2023) in the public Queen Victoria Gardens in Melbourne – in the Eastern Kulin Nation – uses simple geometry to define grounds and ceilings (<https://mpavilion.org/design-tadao-ando/>). The concrete or simply the sky – wall and water create boundaries and distances, path across the space, colours, and textures. Water follows gravity as it also reflects colours and textures, the wind, or its absence. The heat may radiate from the walls in different ways than it radiates from the grass, from the water. There are smells in the air. Walls are partial obstacles to the breeze, or wind, and to the way how smells flow. Different kinds give different sense of distance through the atmosphere. Yet, all together, the visual geometry is simple, and objective and it hardly comes to our mind what mathematical formulae have assembled the structure together. Much of the objective geometry was enlaced to arouse the senses and to serve feelings.

Finally, this short description actually combines objective and subjective aesthetics. It is somewhat ambiguous but perhaps does not lack certainty. It suggests the presence of the subject, but also emphasizes the presence of geometries which are invariable and do not depend on this presence. Characteristic of the phenomenon of objectivity *versus* subjectivity in architecture, would be that it makes possible numerous descriptions emanating from different bases. But what makes the architectural object central would not be the necessity of the acquaintance to begin with sensory experience. Indeed, we can depart from formulating and reflecting on mathematical reality to achieve that goal. All these types of processes can access meanings and either accept or reject them. Thus, from the production of the actual object through theoretical inquiry we have a rich substance to ground us, in art, aesthetics, mathematics and science, and history.

BIBLIOGRAPHY AND BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

- CASEY, Edward S. (2007): *The World at a Glance*. Bloomington, IN: Indiana University Press. [ISBN-10: 0-253-21897-7]
- DALLERY, ARLEEN B.; SCOTT, CHARLES E.; ROBERTS, P. Holley (1990): *Crisis in Continental Philosophy*. Albany: State University of New York Press. [ISBN: 0-7914-0420-X]
- DUFRENNE, Mikel (1973). *The Phenomenology of Aesthetic Experience*. Evanston, Illinois: Northwestern University Press. [ISBN: 0-8101-0426-1]
- GUSDORF, Georges (1993): *Mythe et Métaphysique*. Paris: Flammarion. [ISBN-10: 2080811304]
- HARREL, Jean G.; WIERZBIAŃSKA, Alina, editors (1973): *Aesthetics in Twentieth-Century Poland*. Lewisburg: Bucknell University Press. [ISBN: 0-8387-1100-6]
- HUSSERL, Edmund, (1970-1999 | 10th print). *The Crisis of European Sciences and Transcendental Phenomenology*. Evanston, Illinois: Northwestern University Press. [ISBN: 0-8101-0458-X]
- HUSSERL, Edmund (1986): *A Ideia da Fenomenologia (Die Idee der Phänomenologie; Band II Husserliana)*. Lisbon: Edições 70.
- KLIN, Morris (1980): *Mathematics. The Loss of Certainty*. Oxford: Oxford University Press. [ISBN: 0-19-503085-0]
- MERLEAU-PONTY, Maurice (1996). *Phenomenology of Perception*. London: Routledge & Kegan Paul. [ISBN: 0415-04556-8]
- MERLEAU-PONTY, Maurice (1996). "Éloge de la philosophie et autres essais". In: *Le Grand Rationalisme*: 179-187. Paris: Gallimard. [ISBN: 2-07-032510-5]
- MURRAY R. Spiegel, Seymour Lipschutz, Dennis Spellman (2009). *Vector Analysis*. New York: McGraw Hill. [ISBN: 978-0-07-181522-2]
- NEVEUX, Marguerite; HUNTLEY, H. E (1995). *Le Nombre d'or. Radiographie d'un mythe, suivi de La divine proportion*. Paris: Éditions du Seuil [ISBN: 978-2-7578-3892-1].
- NORBERG-SCHULZ, Christian (1988): *Meaning in Western Architecture*. Tokyo: Editra Tokyo Co., Ltd. [ISBN-10: 0847803198]
- SUMMERSON, John (1988). *The Classical Language of Architecture*. London: Thames and Hudson Ltd. [ISBN: 0-500-20177-3]
- TATARKIEWICZ, Władysław (1970). *History of Aesthetics. Vol. I Ancient Aesthetics*. Edited by J. Harrell. The Hague, Paris: Mouton; Warszawa: PWN, Polish Scientific Publishers. Paris: Martinus Nijhoff. [ISBN: 978-9400988071]
- TATARKIEWICZ, Władysław (1974). *History of Aesthetics. Vol. III Modern Aesthetics*. Edited by J. Harrell. The Hague, Paris: Mouton; Warszawa: PWN, Polish Scientific Publishers. Paris: Martinus Nijhoff. [ISBN: 978-9400988071]
- TATARKIEWICZ, Władysław (1974). *Twentieth Century Philosophy (1900-1950)*. Belmont, California: Wadsworth Publishing Company, Inc. [ISBN: 0-534-00141-6]









Luísa Paiva¹

CITAD – Universidade Lusíada, Lisboa

mluisapaiva2@gmail.com | [id 0000-0003-2126-581X](https://orcid.org/0000-0003-2126-581X)

CONGRUÊNCIAS DOS POLIEDROS PLATÓNICOS

10.34628/1GDE-1385

Resumo: O texto reflete sobre o significado da matemática na arquitetura, questionando até que ponto fórmulas, números e estruturas racionais podem realmente fundamentar o sentido arquitetónico. A autora discute a tensão entre certeza e incerteza, racionalidade e subjetividade, mostrando como a percepção, a fenomenologia e a estética influenciam a compreensão das formas construídas. A partir de Husserl, Merleau-Ponty, Leibniz e da tradição helenística, argumenta-se que a arquitetura resulta da convergência entre regras objetivas e experiência sensível, e que o significado não reside apenas nas formulações matemáticas, mas na articulação entre arte, ciência e percepção humana.

Palavras-chave: Matemática na arquitetura | Fenomenologia | Percepção | Estética clássica | Subjetividade e objetividade | Significado arquitetónico | Formulação matemática | Ontologia da arquitetura | Certeza e incerteza | Vitruvius e estética helenística.

Abstract: The text examines the role of mathematics in architecture, questioning whether formulas and numerical structures can truly ground architectural meaning. It explores the tension between certainty and uncertainty, rationality and subjectivity, emphasizing how perception, phenomenology, and aesthetics shape our understanding of built forms. Drawing on Husserl, Merleau-Ponty, Leibniz, and Hellenistic traditions, the author argues that architecture emerges from the interplay between objective rules and sensory experience. Meaning, therefore, does not lie solely in mathematical formulations but in the dynamic relationship between art, science, and human perception.

Keywords: Mathematics in architecture | Phenomenology | Perception | Classical aesthetics | Subjectivity and objectivity | Architectural meaning | Mathematical formulation | Ontology of architecture | Certainty and uncertainty | Vitruvius and Hellenistic aesthetics.

¹ Licenciada em Arquitetura pela FA-UTL (1990) e em Pintura pela FBA - UL (2013). Obteve o grau de Mestre em Arquitetura pela U. Lusíada (1998) e o grau de Doutor em Escultura pela FBA - UL (2013). É sócia gerente do LabART Laboratório de Arquitetura e Arte - Centro de Estudos desde 1991, onde partilha a responsabilidade de coorde-

nar diversos projectos de arquitetura e artes, bem como a gestão do atelier. É docente universitária de Projecto Arquitectónico, na Universidade Lusíada desde 1992 e desde 1994 partilha a docência com a Universidade Lusófona, nas áreas de Projecto Arquitectónico e Design. Os seus principais interesses de investigação estão ligados às Artes.



Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

Original Texto submetido à plataforma de deteção de similaridade e plágio ORIGINAL.

Os textos que constituem esta obra seguem, por decisão dos respetivos autores, a antiga ou a atual grafia.

O conteúdo desta obra é da exclusiva responsabilidade dos seus autores e não vincula a Fundação Minerva | Universidade Lusíada.

INTRODUÇÃO

O tema deste artigo decorre das aulas de Geometria que leciono no 1º semestre do 1º ano nas licenciaturas de Arquitetura e de Design, na Universidade Lusíada de Lisboa.

Nesse âmbito, esta comunicação tem um carácter estritamente pedagógico e não é mais do que uma organização sistematizada dos conteúdos teóricos veiculados nessas aulas.

Nesse sentido, estudamos e sistematizamos, algum do conhecimento já existente sobre os cinco sólidos regulares, designadamente a relação numérica quanto ao número de faces, de arestas e de vértices que compõem cada um dos poliedros, com vista a melhor compreender o tipo de relações formais e compositivas que podem obter-se da relação entre eles, proporcionando aos alunos uma base sólida para a aplicação prática desses conceitos na arquitetura e no design.

METODOLOGIA

Para isso, não só se recorreu a fontes bibliográficas diversas e indicadas no final deste texto, como se desenvolveram múltiplos exercícios em sala de aula.

O processo de ensino-aprendizagem foi estruturado em duas fases principais.

Na primeira fase, os alunos realizaram múltiplos exercícios práticos em sala de aula, focados em vários processos de representação das figuras geométricas. Esses exercícios incluíram projeções ortogonais, projeções axonométricas de diferentes tipos, secções e maquetização.

Na segunda fase, adotamos uma abordagem inversa. Os alunos exploraram diversas soluções formais de poliedros regulares compostos e, posteriormente, procederam à sua representação desenhada, utilizando os mesmos tipos de projeções e técnicas de representação abordados na primeira fase.

DESENVOLVIMENTO

O termo **“poliedros platónicos”** refere-se a um conjunto especial de sólidos geométricos tridimensionais convexos, cujas faces são polígonos regulares idênticos e onde, cada vértice é rodeado pelo mesmo número de arestas.

Os cinco poliedros platónicos – tetraedro, hexaedro, octaedro, dodecaedro e icosaedro – desempenharam um papel fundamental na história da geometria e da matemática.

Esta apresentação destacará as propriedades distintivas de cada um. As simetrias e as relações numéricas e proporcionais notáveis. Além disso, examinará algumas aplicações e correspondente relevância, enfatizando a sua importância como objetos geométricos fundamentais.

Este estudo pretende contribuir para a compreensão aprofundada da geometria e suas implicações na arquitetura, ressaltando a atemporalidade e a universalidade destes poliedros na ação formativa do arquiteto.

A designação de **“Sólidos Platônicos”**, advém de **Timeu** (em grego clássico: Τίμαιος; em latim: Timaeus) que é um dos diálogos de Platão, escrito por volta de 360 a.C., com um longo monólogo da personagem-título. A obra especula sobre a natureza do mundo físico e desenvolve três temas fundamentais: a origem do universo, a estrutura da matéria e a natureza humana.

Quando fala da formação do Cosmos, aprofunda a doutrina de Empédocles a respeito dos Quatro Elementos representados por poliedros regulares e estabelece as relações geométricas entre eles.

De Kepler (1571-1630) a Arturo Soria (1844-1920), passando por Matila Ghyka (1881-1965), todos expuseram relações entre uns sólidos e outros, entendidos como “volumes”, ou seja, corpos sólidos, encaixando-se uns nos outros.

Platão fá-lo de maneira diferente.

Primeiro, decompõe cada corpo nas suas partes elementares. Em seguida, combina-as. E depois expõe como essas partes elementares interagem umas com as outras.

OS CINCO POLIEDROS REGULARES



Figura 1 - Cinco poliedros regulares

Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/S%C3%B3lido_plat%C3%B3nico

São apenas cinco e todos atendem às condições de terem, em si mesmos, todas as faces iguais, todas as arestas iguais e todos os vértices iguais. Platão diria que eles são iguais a si mesmos em cada uma das suas partes.

Todas as faces devem ser planas e ter lados iguais, sendo o mais simples deles o triângulo – um polígono de três lados.

Da mesma forma, todos os vértices serão iguais e três ou mais faces convergirão para eles, pois é impossível formar um ângulo triedro com duas faces ou menos.

Vejamos que figuras podemos construir com faces triangulares – triângulos equiláteros regulares.

Seis triângulos colocados em torno de um ponto central ocupam todo o plano e não dão origem a nenhuma figura sólida.

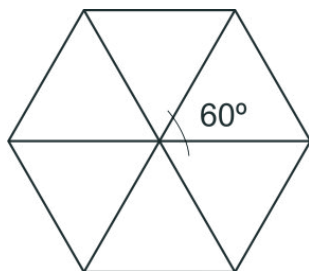


Figura 2 - Seis triângulos equiláteros em torno de um ponto central

Fonte: Desenho elaborado pela autora

Mas, se removermos um dos seis triângulos, deixando apenas cinco ao redor do vértice central, obtemos, depois de fazer coincidir as duas arestas que ficam livres (dobrando o plano), uma figura em que cinco faces triangulares convergem em cada vértice. Essa figura será o princípio do ICOSAEDRO.



Figura 3 - Cinco triângulos equiláteros em torno de um ponto central

Fonte: Desenho elaborado pela autora

Se removermos outro triângulo, permanecerão quatro. A figura na qual quatro triângulos se encontram num vértice é o OCTAEDRO.

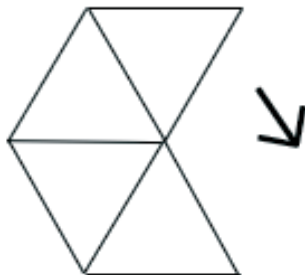


Figura 4 - Quatro triângulos equiláteros em torno de um ponto central

Fonte: Desenho elaborado pela autora

Mas ainda podemos remover um outro triângulo, deixando apenas três. Esta figura, na qual, em cada vértice, convergem três faces, é o TETRAEDRO.

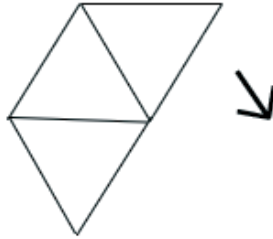


Figura 5 - Três triângulos equiláteros comungando de uma aresta

Fonte: Desenho elaborado pela autora

Se removermos um outro triângulo, restarão apenas dois e nenhuma figura tridimensional pode ser construída.

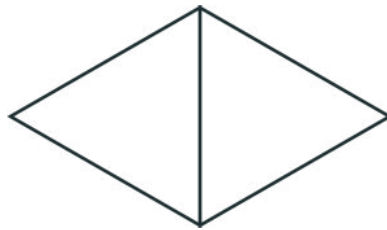


Figura 6 - Dois triângulos equiláteros comungando de uma aresta

Fonte: Desenho elaborado pela autora

Existem apenas três poliedros com faces triangulares equiláteras: o TETRAEDRO, o OCTAEDRO e o ICOSAEDRO.

Se tomarmos, por exemplo, a bipirâmide pentagonal veremos que não é um poliedro regular porque em alguns vértices convergem cinco faces e noutros apenas quatro, ou seja, os vértices não são todos iguais.

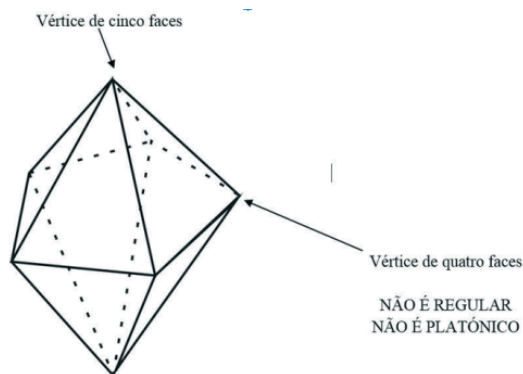


Figura 7 - Bi pirâmide pentagonal
Fonte: Desenho elaborado pela autora

Vejamos agora que figura podemos obter com um quadrado, repetindo o processo anterior.

Vemos que quatro quadrados ocupam todo o plano.

Com três quadrados para cada vértice obtemos um CUBO, e com apenas dois quadrados não é possível obter nenhuma figura.



Figura 8 - Figuras possíveis a partir de quadrados
Fonte: Desenho elaborado pela autora

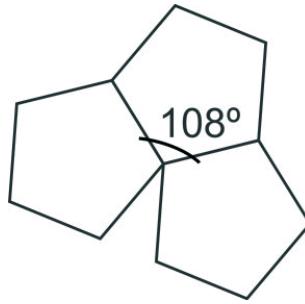
Existe apenas uma figura regular com faces quadradas: o Hexaedro Regular ou CUBO.

Se considerarmos os pentágonos como faces, verificamos que não é possível unir quatro pentágonos num plano, em torno de um vértice pois, se o ângulo interno de um pentágono é de 108° , com os quatro ultrapassaríamos os 360° de uma circunferência completa.

$$108^\circ \times 4 = 432^\circ > 360^\circ$$

No entanto, podemos juntar três pentágonos e repetir o processo anterior.

$$90^\circ \times 4 = 360^\circ$$



$$108^\circ \times 3 = 324^\circ > 360^\circ$$

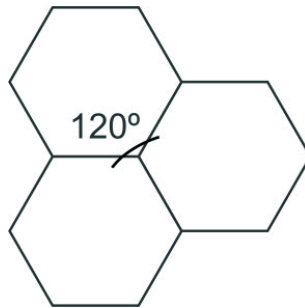
Figura 9 - Três pentágonos regulares em torno de um ponto central

Fonte: Desenho elaborado pela autora

Se, como antes, removermos um pentágono, restam apenas dois e não é possível obter um vértice com apenas duas faces.

Há apenas uma figura regular com faces pentagonais: o DODECAEDRO.

Se formos para a próxima figura plana, o hexágono, não podemos fazer nenhuma figura sólida porque apenas com três hexágonos – o mínimo para cada vértice, como já vimos – ocupamos todo o plano e não obtemos nenhum volume.



$$120^\circ \times 3 = 360^\circ$$

Figura 10 - Três hexágonos regulares em torno de um ponto central

Fonte: Desenho elaborado pela autora

ELEMENTOS	POLIEDRO	FACES	ARESTAS	VÉRTICES
FOGO	TETRAEDRO	4	6	4
TERRA	HEXAEDRO	6	12	8
AR	OCTAEDRO	8	12	6
ÁGUA	ICOSAEDRO	20	30	12
"ÉTER"	DODECAEDRO	12	30	20

Figura 11 - Sistematização dos Poliedros "Platônicos", quanto ao número de faces, de arestas e de vértices

Fonte: Desenho elaborado pela autora

Dada a relação numérica observável na tabela da figura 11, podemos constatar que é possível estabelecer relações entre os diversos sólidos.

Um Hexaedro tem seis faces e um octaedro tem 6 vértices, logo é possível relacioná-los facilmente.

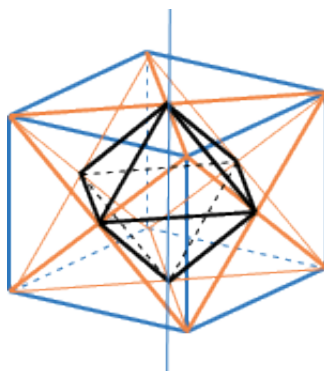


Figura 12 - Octaedro regular inserido num Hexaedro regular

Fonte: Desenho elaborado pela autora

Do mesmo modo se constata que, é possível inserir um Octaedro num tetraedro, uma vez que o primeiro tem seis vértices e o segundo, seis arestas e por isso, cada vértice do Octaedro situar-se-á no ponto médio de cada uma das arestas do Tetraedro.

Também o Tetraedro pode ser introduzido no Hexaedro uma vez que o primeiro tem seis arestas e o segundo seis faces. Ou seja, cada aresta do tetraedro definirá uma diagonal da face do Hexaedro.

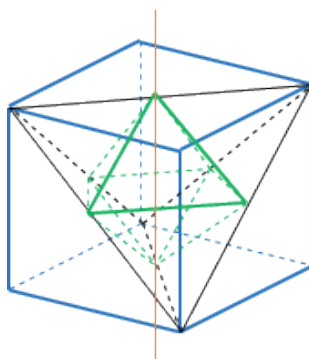


Figura 13 - Octaedro regular inserido num Tetraedro regular, por sua vez, inserido num Hexaedro regular

Fonte: Desenho elaborado pela autora

Da relação numérica a que temos vindo a fazer referência, destacamos a relação que é possível estabelecer entre o número de vértices e o número de faces destes cinco poliedros.

Desta particular relação, constata-se que ela só é possível estabelecer em pares e, por essa razão falamos de Poliedros Duais.

O poliedro dual de um sólido platônico é outro sólido platônico.

- O dual do **tetraedro** é um **tetraedro** (Fig. 15).
- O dual do **octaedro** é um **cubo**, e vice-versa (Fig. 16).
- O dual do **dodecaedro** é um **icosaedro**, e vice-versa (Fig. 17).

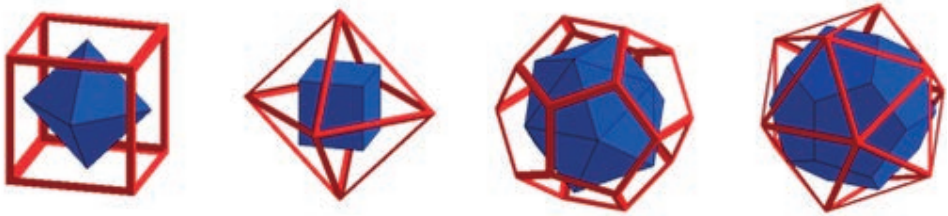


Figura 14 - Poliedros duais

Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/S%C3%B3lido_plat%C3%B3nico

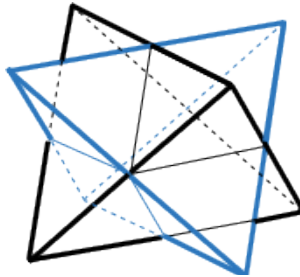


Figura 15 - Par Dual – Tetraedro Regular (auto-dual)

Fonte: Desenho elaborado pela autora

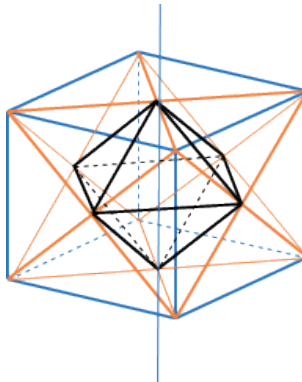


Figura 16 - Par Dual – Hexaedro Regular/ Octaedro regular

Fonte: Desenho elaborado pela autora

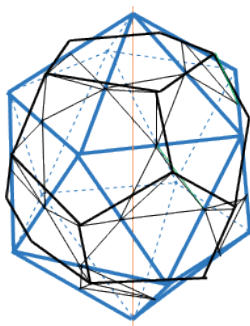


Figura 17 - Par Dual – Icosaedro Regular/ Dodecaedro regular
Fonte: Desenho elaborado pela autora

CONCLUSÃO

O estudo dos cinco sólidos platónicos no contexto das aulas de Geometria para os cursos de Arquitetura e Design na Universidade Lusíada de Lisboa revela, não apenas a profundidade matemática desses poliedros, mas também a sua relevância histórica e a sua aplicabilidade prática.

A sistematização dos conhecimentos teóricos, acompanhada de exercícios práticos de representação e exploração de formas compostas, proporciona aos alunos uma compreensão sólida das relações geométricas e compositivas fundamentais.

Os sólidos platónicos, com as suas propriedades únicas de simetria e proporção, não são apenas curiosidades matemáticas, mas também elementos essenciais no desenvolvimento do pensamento espacial e criativo dos futuros arquitetos e designers.

Através da análise das relações numéricas entre faces, arestas e vértices, e da exploração dos poliedros duais, os alunos compreendem a universalidade destas formas geométricas.

A investigação contínua e a aplicação prática destes conceitos continuarão a enriquecer o campo da arquitetura, demonstrando que os fundamentos geométricos mantêm a sua relevância e aplicabilidade.

Assim, este estudo almeja contribuir para a formação de uma base sólida em geometria, essencial para a prática da arquitetura e do design.



Figura 18 - Exploração do tema em trabalhos desenvolvidos pelos alunos em aula
Fonte: fotografia da autora

BIBLIOGRAFIA DE REFERÊNCIA

- ATYAH, M. and SUTCLIFFE, P. (2003), *Polyhedra in Physics, Chemistry and Geometry*. Milan J. Math. 71, 33-58.
- EUCLID (1956), Book XIII in *The Thirteen Books of the Elements*", 2nd ed. unabridged, Vol. 3: Books X-XIII. New York: Dover.
- EVANS, D.E.; KAWAHIGASHI, Y. (1998), *Quantum Symmetries on Operator Algebra*, Oxford University Press.
- PAPPAS, T. (1989), *The Five Platonic Solids. The Joy of Mathematics*. San Carlos, CA: Wide World Publ./Tetra, pp. 39 and 110-111.
- P. SŁODOWY (1983), "Platonic Solids, Kleinian Singularities, and Lie groups". *Algebraic geometry (Ann Arbor, Mich., 1981)*, 102–138, Lecture Notes in Math., 1008, Springer, Berlin.





Os Espacialistas¹

osespacialistas@gmail.com

SERÂMICO – JOGOS, FORMA E MISTURAS

CERAMIC – GAMES, SHAPES AND MIXTURES

 10.34628/NMG7-3T04

Resumo: A partir da metáfora cerâmica i-material do nosso ser, com tradições, matérias e memórias, Os Espacialistas apresentam na forma de projectos imaginários de natureza lúdica, corporal e espacial: A Poética da Mistura. Nos seus trabalhos misturam artesanalmente ideias, formas, moldes e formas de fazer. Moldam-nas nos gestos. Fazem coisas poéticas com elas. Levam-nas ao forno. Deixam-nas aparecer e crescer em pro(ex)cesso e liberdade matemática. Através do processo *serâmico* contínuo espacialista de apanhar, misturar e repetir imagens, de virar do avesso os sentidos, de imaginar a memória, de partilhar e fotossintetizar os gestos dos sítios e dos corpos; de nomear e religar conceitos, ideias, pensamentos, materiais, corpos, espaços, objectos, intensidades, afectos, espantos e p/referências, Os Espacialistas constroem a gênese conceptual e prática dos apareceres dos seus projectos de natureza cerâmica.

Palavras-chave: Certeza | Incerteza | Estética | Ciência | Fenomenologia | Significado.

Abstract: Based on the immaterial ceramic metaphor of our being, with traditions, materials and memories, Os Espacialistas present, in the form of imaginary projects of a playful, physical and spatial nature: The Poetics of Mixing. In their work, they handcraftedly mix ideas, shapes, moulds and ways of doing things. They mould them into gestures. They do poetic things with them. They put them in the oven. They let them appear and grow in pro(ex)cess and mathematical freedom. Through the continuous spatialist ceramic process of collecting, mixing and repeating images, turning meanings inside out, imagining memory, sharing and photosynthesising the gestures of places and bodies; of naming and reconnecting concepts, ideas, thoughts, materials, bodies, spaces, objects, intensities, affections, amazements and p/references, Os Espacialistas construct the conceptual and practical genesis of the appearances of their ceramic projects.

Keywords: Certainty | Uncertainty | Aesthetics | Science | Phenomenology | Meaning.

¹ Os Espacialistas é um projeto laboratorial de investigação teórica e prática das ligações interdisciplinares entre Arte, Arquitetura e Educação com início de atividade em 2008. Substituem o lápis pela máquina fotográfica, enquanto dispositivo de desenho, de pensamento, de percepção e de diagnóstico do espaço natural e construído, cujas ações são reguladas pelo Diário do Espacialista e auxiliadas pelo “Kit

Espacialista Por/tátil” que transportam consigo. Entre os trabalhos realizados destacam-se: Projetos de arquitetura, de assistência arquitetónica e artística a obras de arquitetura e arte, exposições de fotografia, vídeos, instalações, espaços cénicos, performances, colaborações literárias, ilustrações fotográficas, oficinas, seminários e publicações



Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

Original Texto submetido à plataforma de deteção de similaridade e plágio ORIGINAL.

Os textos que constituem esta obra seguem, por decisão dos respetivos autores, a antiga ou a atual grafia.

O conteúdo desta obra é da exclusiva responsabilidade dos seus autores e não vincula a Fundação Minerva | Universidade Lusíada.

A VIDA É A ARTE DA MISTURA

A partir da metáfora cerâmica i-material do nosso ser, com tradições, matérias e memórias, Os Espacialistas apresentam na forma de projectos imaginários de natureza lúdica, corporal e espacial: A Poética da Mistura.

Nos seus trabalhos misturam artesanalmente ideias, formas, moldes e formas de fazer. Moldam-nas nos gestos. Fazem coisas poéticas com elas. Levam-nas ao forno. Deixam-nas aparecer e crescer em pro(ex)cesso e liberdade matemática.

Através do processo *serâmico* contínuo espacialista de apanhar, misturar e repetir imagens, de virar do avesso os sentidos, de imaginar a memória, de partilhar e fotossintetizar os gestos dos sítios e dos corpos; de nomear e religar conceitos, ideias, pensamentos, materiais, corpos, espaços, objectos, intensidades, afectos, espantos e p/referências, Os Espacialistas constroem a génese conceptual e prática dos apareces dos seus projectos de natureza cerâmica.

Através de processos de desenho e de fabrico artesanal que levam a cabo, da procura da espacialidade dos padrões de azulejos imaginados e do corpo lúdico e animal de tijolos enfiados, enquanto espécies de fragmentos anatómicos do corpo do espaço, espécies de seres imaginários criadores de jogos cruzados de caminhos, desvios, pontes, passagens, interstícios, divisões e abrigos para as imagens e devaneios que cada sopro *serâmico* transporta consigo enquanto gesto habitado, Os Espacialistas poeticamente moram nos gestos, onde imaginam, erram e misturam tudo manualmente, como oleiros de formas e superfícies de arte e arquitectura.

RESPIRAR É MISTURAR

Cerâmica, vem do grego *Keramikós*, com o significado daquilo ou aquele que é feito de argila queimada. *Kéramos*, “argila”, filho de Ariadne e Dionísio, herói dos Oleiros (*Kerameis*) é também o lugar dos mortos onde foi sepultado Academo, herói ático que revelou o catifeiro de Helena de Tróia aos irmãos gémeos Castor e Pólux. Neste lugar dos mortos chamado Cerâmico, o cemitério de Atenas, rodeado por um bosque onde estavam plantadas uma dúzia de Oliveiras e foi construído um altar em honra de Atena nasceu a famosa escola de Platão, conhecida como Academia de Atenas.

Serâmico para os Espacialistas é o lugar dos mortos, o corpo humano feito de argila e animado pelo sopro morno de origem divina. Ao mesmo tempo é o lugar ontológico de toda a trans/formação humana do Ser Humano em palavra, corpo e espaço, onde tudo se ensina e aprende através do diálogo (*peripateta*) em andamento.

Antes de todos os outros ofícios do fogo, o oleiro, o criador de vasos de barro, de côncavos e convexos aprendeu a dominar o fogo, a transformar materiais inanimados e inertes em seres e a transportar metáforas do corpo de um lado para outro, na forma de objectos que lhe serviam de suporte às actividades e às necessidades quotidianas. Assim nasceram os vasos que guardavam as sementes e os alimentos que nos mantêm vivos até hoje.

À medida que o homem deixou de vagar, de andar de terra em terra, passava de caçador a agricultor e aprendia a dominar o fogo para se aquecer e proteger, desen-

volveu um dos seus primeiros ofícios, aprendeu a meter as mãos na terra, a pensar e a comunicar através desse gesto e assim se transformou num criador ontológico, num produtor de formas e maneiras de ser, no ser *Serâmico*, referido acima.

Das mãos sujas com terra, nasceram as primeiras pinturas. Das mãos metidas na terra, nasceram todos os vasos, humanos e objectos, soprados e animados pela chama divina do fogo.

Depois do corpo humano, o primeiro dos vasos, animado pelo sopro quente do seu criador, o oleiro divino, nasceram todos os côncavos e convexos que permitiram ao homem segurar e guardar nele todas as manifestações humanas e materiais do mundo. Diz-se que nos tornamos humanos quando passamos a cozinhar os alimentos.

A arquitectura como recipiente do corpo e das funções programáticas associadas a ele, acolheu-o e protegeu-o de todo o tipo de intempéries e perigos do mundo exterior, enquanto esperava, imaginava, projectava, dormia, sonhava e desenvolvia formas de comunicar e pensar colectivamente. A arquitectura é do domínio da linguagem e da emoção. Poeticamente o Ser Humano só habita quando conversa.

Os primeiros vasos, reflectiam partes da anatomia humana em forma de coração, barriga, coxa ou seio. Os primeiros fornos eram úteros maternos, com poderes de transformação, de germinação e de alimentação. Os homens, melhor, primeiro as mulheres meteram as mãos na terra e com o barro que dela extraíram, com a ajuda dos seus poderes mágicos de reprodução fizeram os primeiros vasos queimados, endurecidos pelo fogo.

Os primeiros tijolos utilizados na construção de casas e cidades, secos ao sol, datam cerca de 10 000 anos atrás. Só por volta de 4000 a.C. passaram a ser cerâmicos, cozidos na verdadeira acepção da palavra "*Kéramos*" = argila, onde "*ker*" tem raiz indo-europeia com sentido de fogo e calor.

Conscientes de que o corpo é o vaso maior da criação divina, onde o cérebro é uma espécie de vaso imaginal, capaz de conter todas as dimensões e divisões ilimitadas e desconhecidas da vida e o coração à semelhança dos antigos egípcios é o vaso armazém da verdade e da memória, Os Espacialistas partem sempre em direcção ao espaço a saber que aquilo que nos transforma em humanos é a nossa capacidade de lidar com o imprevisto, com o desconhecido e com tudo aquilo que nos acontece.

Todos os projectos espacialistas têm sido oportunidades de procura e de experimentação de processos ontológicos de transformação material e de consciencialização de que os materiais à semelhança dos seres humanos também querem ser alguém, com desejos e vontades, com linguagem própria como podemos pressentir na famosa pergunta de Louis Kahn: "O que é que um tijolo quer ser?"

Assim aconteceu com os primeiros projectos espacialistas, realizados na Quinta de Recreio do Palácio do Marquês de Pombal em Oeiras, onde um Kit de azulejos (fingidos) transportado, na forma de quadrados de baquelite em 2008 e de quadrados de madeira em 2016, ambos com as medidas de 14x14cm, com o intuito de estabelecer diálogo real e imaginário com os imensos painéis de azulejos joaninos existentes, quer nos espaços exteriores da quinta de recreio, quer nos interiores da casa palaciana, serviram para medi(a)r as intensidades reais e imaginárias dos espaços encontrados e questionar os azulejos encontrados sobre as suas origens e o que é que eles estavam ali a ser e a fazer, a querer ser do ponto de vista da forma e da função.

Aí Os Espacialistas exercitaram, repetiram e aprenderam como o azulejo (*azzelij* = pequena pedra polida) aparecido no Egipto e introduzido pelos árabes na Península Ibérica, em Granada e Sevilha, marca da arquitectura mudéjar (doméstica), trazido para Portugal por D. Manuel, o Venturoso, aquando da sua visita a Granada, se transformou na célula-padrão, pele de revestimento, plena de padrões geométricos, motivos florais, albarradas, putts e narrativas infinitas de cenas da vida (religiosa) quotidiana de muitos edifícios notáveis simbólicos e de rendimento da arquitectura portuguesa.

As paredes de azulejos joaninos da Quinta de Recreio do Palácio do Marquês de Pombal em Oeiras, tornaram-se em páginas de um grande livro de histórias aos quadradinhos, composto por todo o conjunto arquitectónico e paisagístico edificado que podemos ler como quem colhe num livro, cenas da vida quotidiana de natureza histórica, social, cultural, lúdica, sensorial e religiosa. Aí as cores azul e branco, tradicionais dos azulejos de influência italiana, chinesa e holandesa, dialoga com azulejos de novas cores, marca da modernidade pombalina.

Projectar azulejos é habitar na profundidade artística de uma superfície enquanto porto de abrigo e destino de todas as coisas. É pensar de que modo essa profundidade substancial do espaço construído aparece e cristaliza-se na forma delicada de um azulejo brilhante, vidrado e colorido, que emerge à luz do dia, vem ao de cima, enquanto unidade mínima de re/vestir repleta de qualidades materiais, técnicas e estéticas, motivos de natureza geométrica e pictórica, reveladoras da essência in/temporal da proposição projectual sonhada.

Imaginar um azulejo é projectar uma célula que se multiplica, divide e repete em padrões e cores, capazes de se transformarem em notas de uma grande composição artística na superfície de uma parede.

Louis Kahn amava inícios. Um azulejo é uma célula, um início que se divide infinitamente aos olhos de quem a contempla, que erra / caminha à medida que alastra numa qualquer espécie de plano diante de quem a vê e a imagina enquanto unifica o corpo espacial que envolve e protege.

Um azulejo é uma peça de jogo, um tipo móvel, um carácter de um imenso alfabético arquitectónico, que ao contrário da imprensa e dos seus tipos móveis nunca matará a arquitectura nem a sua capacidade narrativa de contar histórias como vaticinou Victor Hugo, no livro *Nossa Senhora de Paris* de 1831, antes pelo contrário, as potencialidades de criação de linguagem, de afectação e de comunicação humana que encerra na sua génese *kéramica* são as maiores qualidades da sua natureza ontológica.

A cerâmica e a escrita são formas simultâneas de Ser Humano, basta atentar no facto do aparecer da escrita cuneiforme, cunhada em tábuas de argila, ocorrer ao mesmo tempo que a cerâmica endurecida pelo fogo, por volta de 3200 a.C.

Da escala lúdica de uma instalação artística à construção habitada de um projecto de arquitectura, Os Espacialistas servem-se sempre das práticas transdisciplinares investigativas que levam a cabo nos diversos contextos projectuais por que passam, como método para pensar um projecto site-specific artístico quer envolva o fabrico próprio manual de um tijolo ou o projecto de uma fachada de um edifício de arquitectura, transformada numa grande epiderme de natureza geométrica e artística, tornada num verdadeiro *Serâmico* arquitectónico.

Tijolo Burro é o nome do *project-room* espacialista de natureza *Serâmica* criado para a exposição colectiva Playmode realizada no MAAT em 2019.

A proposta teve como conceito a criação de um jogo em construção, materializado na ideia de um espaço construído em tijolo burro perfurado com os pontos do jogo Dominó; uma espécie de construção performativa do Movimento Moderno (em ruína) inspirado num esboço de Le Corbusier, onde as casas Dom-Ino aparecem alinhadas como as peças do jogo com o mesmo nome.

Duante um mês Os Espacialistas habitaram o telheiro Alberto Rocha em Santa Catarina - protectora dos estudantes, dos intelectuais e dos filósofos – onde aprenderam ritualmente a amassar barro, a lançá-lo na pedra, a colocá-lo na forma em forma de tijolo burro, a perfurá-lo manualmente e a estendê-lo no chão comum do terreiro, para secagem ao ar antes de ir ao forno.

Ocuparam todo o espaço do telheiro como jogadores aprendizes de Dom-Ino, (Domus Inovation), com a vontade toda de dialogar com um material produtor de tantos seres ficcionais, dar-lhe corpo e criar um processo conceptual artístico e artesanal de fabrico e pensamento próprio.

Cada espacialista tornou-se num trabalhador do barro, oleiro, no sentido hebraico da palavra (*yohtsér*), de formador ou daquele que forma (molda), e no sentido grego da palavra (*Ke.ra.méus*) de misturador de água e terra, que por sua vez deriva do sânscrito que significa “queimar”, aprendeu que *Keramos* é também o barro, a mistura de argila queimada e transformada de forma definitiva em objectos cerâmicos de uso quotidiano.

No telheiro de Santa Catarina, não se fazem vasos e pratos, mas sim telhas, tijoleiras e tijolos, que lançados ritualmente no chão do terreiro desenham verdadeiras cidades imaginárias.

Da permanência *in loco* nasceu o conjunto de tijolos burro, que construiu a obra artística de natureza arquitectónica e performativa “Tijolo Burro”, apresentado em primeira mão ao Burro Ronaldo, com o qual Os Espacialistas “dialogaram” antes de partir de Santa Catarina em direcção ao Maat, em Lisboa.

Os Espacialistas são fazedores de mundos. A vontade poética de fazer, transforma cada um dos projectos numa espécie de linguagem do espaço.

A linguagem nasceu da imitação da natureza, das formas e dos gestos. Das formas dos movimentos, da natureza dos gestos e dos sons dos animais. Nasceu de exercícios de diferença e repetição tal como acontece com os padrões celulares dos azulejos e dos tijolos que nos emocionam (imemorialmente) de maneiras sempre novas, de cada vez que entramos em contacto com eles.

“Tijolo Burro” é uma espécie de jogo em construção, onde o lúdico e o lúcido, trocam continuamente de lugar, ajudados por inúmeros jogos de linguagem. O prazer do jogo, transforma-se no dever do trabalho. Jogar é trabalhar. Trabalhar é jogar. Jogar é aprender a criar e a construir a escola e a escala do corpo, no tempo e no espaço.

É uma espécie de *b(u)ilder game* social, onde o corpo e o espaço se encontram num permanente jogo de imagens e escalas em colisão; onde as palavras ganham sentido de espaço, e em conjunto, com objectos e *foto-sínteses*, fazem aparecer narrativas / constelações múltiplas e simultâneas, de vida e morte, linguagem e filosofia, arte e política, ciência e religião, história e arquitectura, educação e (agri)cultura, jogo e trabalho, corpo e quotidiano.

O “Tijolo Burro” espacialista, é um animal doméstico rudimentar por vir, sujeito desde a mais tenra idade, a tarefas de peso e de repetição, que activam a imaginação da memória. Muda de cor, de escala, posição e função. É uma unidade mínima de construção artística, de natureza translúcida e transdisciplinar. É uma atmosfera cheia de curiosidades que encerra múltiplas vocações programáticas. É uma sobreposição arqueológica, de espécies de espaços, que vão desde o corpo à casa, da casa ao campo e à cidade, da rua à escola, e a todas as espécies de espaços que construímos, pensamos e habitamos desde criança, onde os materiais ganham vida e falam com quem os interpela, a partir de jogos, palavras e histórias, guardadas na memória intensificada de cada um.

É um jogo de arquitectura, com matérias, peças e regras de construção civil para todas as idades. É uma espécie de Corpo-Dominó.

O “Tijolo Burro” vai à escola, para ser um jogo sábio, correcto e magnífico de volumes bem dispostos sob a luz.

Neste jogo em construção, onde a forma da vida está na reacção poética do gesto humano, que transforma um tijolo de barro numa peça de jogo, quando perguntamos a qualquer tijolo o que ele quer ser (quando for grande), ele responde:

– Quero ser um tijolo burro, como aqueles que constroem os *espessos* onde sou.

O jogador é o trabalhador translúcido e bem disposto do Futuro.

Os gestos são as ideias do corpo.

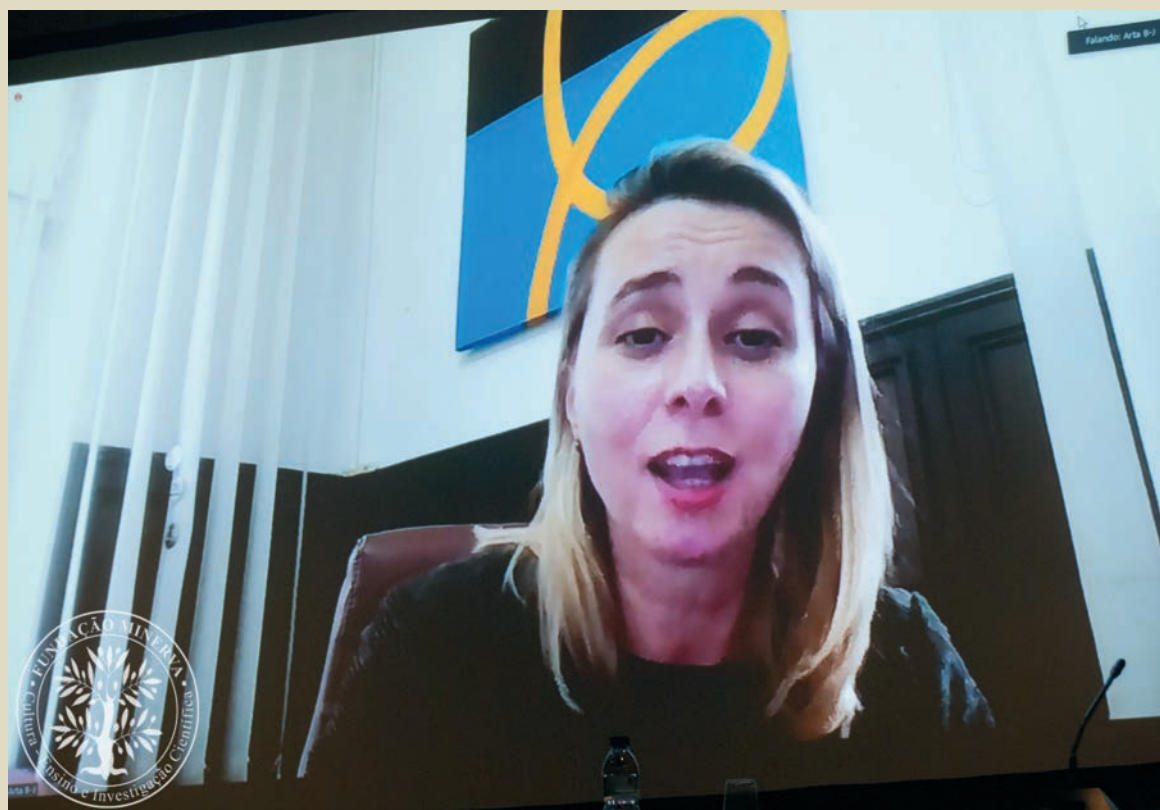
O corpo é o colectivismo em jogo.

Brincar é repetir o Futuro,

outra vez ...

PROJECTS









MÁRIO CHAVES¹

CITAD – Universidade Lusíada, Lisboa

arquitetochaves@gmail.com | [ORCID 0000-0002-4707-116X](https://orcid.org/0000-0002-4707-116X)

A MAGIA DA ARQUITETURA

THE MAGIC OF ARCHITECTURE

[doi 10.34628/4Y6B-3164](https://doi.org/10.34628/4Y6B-3164)

Resumo: O texto propõe uma leitura simbólica e histórica da arquitetura enquanto expressão da civilização e manifestação da venustas, articulando ética, estética e espiritualidade. Partindo de uma visão metafísica da criação, o autor descreve a evolução das idades da Beleza, da Força e da futura Sabedoria, relacionando-as com momentos-chave da história ocidental — da Grécia clássica ao Renascimento, do Gótico à era industrial e ao surgimento dos arranha céus. A arquitetura é apresentada como instrumento de identidade, poder e transcendência, capaz de moldar o cidadão e refletir o espírito de cada época. No horizonte, defende-se que a beleza continuará a ser o elemento redentor da construção humana, mesmo perante desafios de sustentabilidade, tecnologia e expansão para além do planeta.

Palavras-chave: Teoria da Arquitetura | Venustas | Civilização | História da arquitetura | Arranha céus | Estética e ética | Idade da Beleza / Força / Sabedoria.

Abstract: The text offers a symbolic and historical reflection on architecture as an expression of civilization and a manifestation of venustas, intertwining ethics, aesthetics, and spirituality. Starting from a metaphysical view of creation, the author traces the evolution of the Ages of Beauty, Force, and the forthcoming Age of Wisdom, connecting them to key moments in Western history—from classical Greece to the Renaissance, from Gothic architecture to industrial modernity and the rise of skyscrapers. Architecture is portrayed as a tool of identity, power, and transcendence, shaping citizens and embodying the spirit of each era. Looking ahead, the author argues that beauty will remain the redeeming force of human construction, even amid challenges of sustainability, technology, and the prospect of building beyond Earth.

Keywords: Architecture Theory | Venustas | Civilization | Architectural history | Skyscrapers | Aesthetics and ethics | Age of Beauty / Force / Wisdom.

¹ Arquiteto, Mestre e Doutor pela Universidade Lusíada de Lisboa em 2011, com a tese “A Utilidade dos Objetos de Arquitetura na Sociedade de Informação”. Cultiva o Flexiexistencialismo como atitude e modo capacitante de estar na vida. Perito avaliador de bens imóveis e direitos reais. Redator de resenhas de livros na Revista ARQA. Coorde-

nador de coletâneas de textos integradas no centro de Investigação – Flexiexistencialismo integrado no centro de estudos de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura da Universidade Lusíada. Cavaleiro da Ordem de Malta e da Ordem de São Maurício e São Lázaro da Casa de Sabóia.



Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

Original. Texto submetido à plataforma de deteção de similaridade e plágio ORIGINAL.

Os textos que constituem esta obra seguem, por decisão dos respetivos autores, a antiga ou a atual grafia.

O conteúdo desta obra é da exclusiva responsabilidade dos seus autores e não vincula a Fundação Minerva | Universidade Lusíada.

A MAGIA DA ARQUITETURA

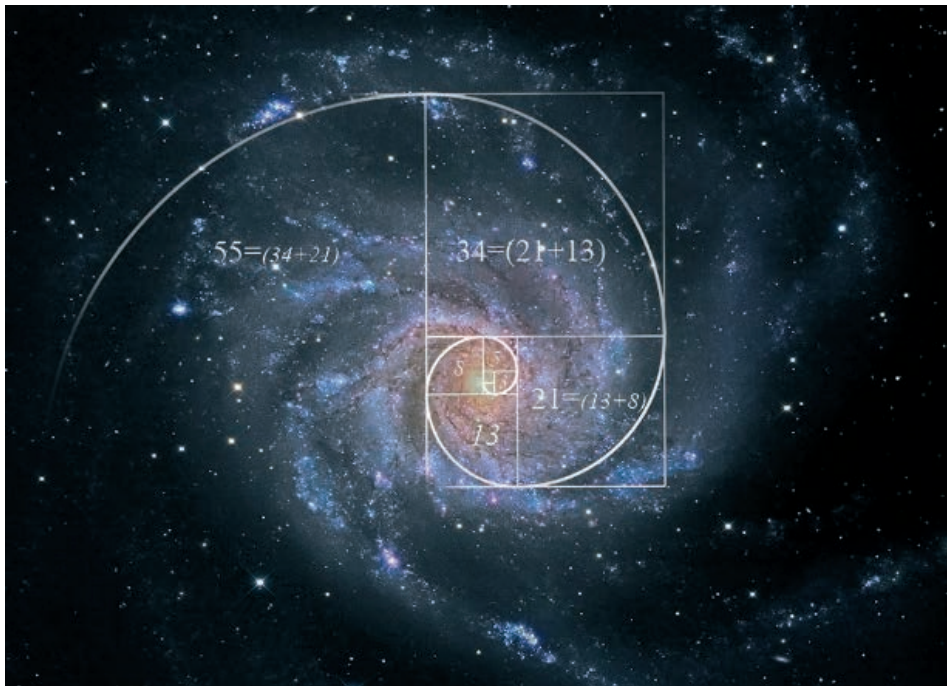
No princípio era o Verbo [vontade] e o verbo estava com Deus [o Criador], e o verbo era Deus.

Ele estava no princípio com Deus.

Todas as coisas foram feitas por ele, e sem ele nada do que foi feito se fez.

Nele estava a vida e a vida era a luz dos homens.

Evangelho segundo São João, capítulo 1



O Criador, criou tudo, numa matemática pura, eloquente, disciplinadora, consequente.

Mas no seu conhecimento pleno e na sua vontade, criou o universo, a natureza, o homem, mas não criou a civilização, porque essa realidade é artificial, do domínio do virtual; essa era a prova reservada à sabedoria; o Criador permitiu-nos a aprendizagem de reconhecermos a árvore do conhecimento e de a provarmos; A árvore da sabedoria ficou vedada, evidentemente.

A civilização como a conhecemos, ter-se-á consolidada na península helénica, por Sócrates na definição da sociedade, Platão na consolidação da moral e Aristóteles na estruturação da ética e na afirmação do Mundo e do Lugar. A aventura épica da Mundialização começa aqui; Alexandre, o Grande vai testar a grande teoria de expandir o Mundo a partir da fundação do lugar a partir da identidade, afirmando a plenitude

de que o Mundo se vai sobrepor paulatinamente a natureza inocente que se entregou virgem.

Roma percebeu o legado extraordinário e fundou todas as cidades a partir deste princípio de que a ética individual pode conduzir à conduzir a moral; a cidade molda o cidadão, que quer ser civilizado, e promover a civilização para o bem dos outros, partindo do princípio de que o ditador [o que dita] deseja a felicidade civil dos outros cidadãos.

Cidade, cidadão, civilidade, civil, civilizado, tudo provém de Roma. a Imperial, aquela que aos confins quis expandir o Mundo, que Alexandre tinha sonhado, onde os cidadãos, todos se sentissem e desejassem ser romanos.

Os filósofos inventaram pela filosofia, a política, a arte do consenso e da vontade coletiva, o direito, a arquitetura deu o valor formal à civilização, criou as cidades, as instituições, as ágoras. O Mundo, sim o Mundo, civilizado teve um modo de organização, construção e legitimação. Marco Vitrúvio Pólio construiu e comentou os Princípio de Arquitetura, que em dez livros legitimou a ideia de que a Arquitetura é o modo basilar de dar expressão ao mundo civilizado; discutível e polémico, mas não parece ter podido ser de outro modo.

E numa triangulação necessária e basilar, entendeu que para além de toda a construção que o império já conhecia e legitimava, seria a Venustas que a dignificava, lhe conferia a identidade necessária, o conforto e o valor da arquitetura imperial.

A Venustas – beleza – identidade – vaidade, é a grandeza que transforma a construção qualificada, sólida, segura, funcional e útil; é o sal da vida, a magia da invenção.

ARCHITECTURA IN URBI ET ORBI

Um segundo momento determinante acontece, quando após a determinada Idade Média, a construção de liberta dos limites pesados da alvenaria e descobre que a forma liberta a possibilidade da luz, de modo a tornar tangível a intangibilidade do criador, fonte de toda a luz que irradia o universo e dá calor a civilização. O Abade de Suger em Saint Denis elevou-se a alturas a que só o divino por meio de finos filtros almejava tocar os fiéis, que mais nele confiavam que na sua existência finita e maculada. O Gótico, dos Godos, almejou grandezas espirituais que a simplicidade de uma vida terrestre [ausente de Mundo] pelas invasões bárbaras que para o lugar da incivilidade remeteram todo um império que outrora se uniu em torno da Política e da Arquitetura. O gótico foi uma expressão ousada, que recuperou muito dos ensinamentos de Pitágoras e Euclides, nos traçados das construções; ambicionou forma, espaço e tempo celestial num apelo espiritual e grandiosidade anteriormente desconhecida.

A idade da Beleza é derradeiramente consolidada no [re]nascimento; Vitruvius ressuscita como o guia natural que guiará toda uma idade, várias gerações, a um patamar de materialidade e afirmação pessoal, que a linguagem plástica dos clássicos permitia afirmar que de novo o Mundo se poderia expandir para terras longínquas nunca agregadas ao olho do furacão que a Europa constituía – os 40 anos da idade moderna. Gerações de iluminados garantiram que o fim da idade da Beleza se iria personalizar nos mais notáveis exemplos que eram herdeiros de um passado com 15

séculos. Alberti, Miguel Ângelo, Bramante, Bernini, Borromini, Vasari, Sérlio, Palladio, foram os poderosos agentes transformadores, que conferiram a Venustas aos pesados edifícios renascentistas, maneiristas e barrocos.

Encerrado o grandioso período da Beleza, as formas das instituições estavam definidas e sustentadas, o Mundo estava tranquilo nas suas conquistas, ambições e colonizações, ansiando pelo surgimento de uma nova idade, que lhe desse ímpeto ao progresso, perante as potencialidades que o Criador tinha disponibilizado; tanto combustível armazenado, disponível e oferecido. Compreendeu-se o que o facto de haver um salto quântico entre uma sociedade baseada na utilização para a baseada na exploração, implicava uma (des) proporcionalidade intrínseca, para que todo o progresso em progressão aritmética ou geométrica, implica-se do mesmo modo a exploração dos recursos disponíveis.

O homem civilizado, na sua aventura inexorável de progresso, é necessariamente mercenário e abusador da inocência, passividade e bonança da natureza, que criada pacificamente, generosamente proporciona o combustível aparentemente sem fim a esta Idade da força, que se iniciou no fim da idade da beleza e que nos projetará ao Cosmos.

A tipologia desta nova idade da força, de consumo inimaginável de energia, é a fábrica, que se auto alimenta e fornece, sem fim, os elementos que alimentam outras cadeias de abastecimento, sem fim, num movimento perpetuo de produção, consumo, exploração, produção, consumo, desperdício, extração, transformação, consumo, ganância e lucro.

Esta idade da Força mesmo assim, exigindo para tudo uma explicação, permanece ainda com um lugar reservado ao acontecimento mágico. E a idade da Força em que sobretudo vinca a Utilitas e a Firmitas, engrandeceu-se por novos atributos de Venustas, que sobretudo se evidenciavam pela identidade e vaidade. A natureza viu-se avassaladoramente invadida por fábricas, que fabricam componentes para outras fábricas, que alimentam o consumo, gerado pela sede incessante de produção e consumo da energia.

A idade da Beleza recolhia a disponibilidade da natureza para transformar as matérias em Arquitetura; A idade da Força exige a transformação da natureza no seu legítimo interesse para o seu pleno distanciamento da natureza que lhes deu o caminho. Os edifícios da Idade da Força tendem a ser assépticos, complexos, incapazes de se relacionarem com a natureza.

O seu objeto icónico é a torre, que se materializa no Arranha-Céus; depois das fábricas, quais operários incessantes no labor da indústria, assumiram que também desafiariam os céus como as agulhas das torres góticas.

A torre de Babel, em si mesma era já uma indústria de muitas línguas, sem um algoritmo comum; foi necessário desmontar esse empreendimento que desafiava o Verbo e aguardar por um outro kairos que permitisse uma nova transcendência.

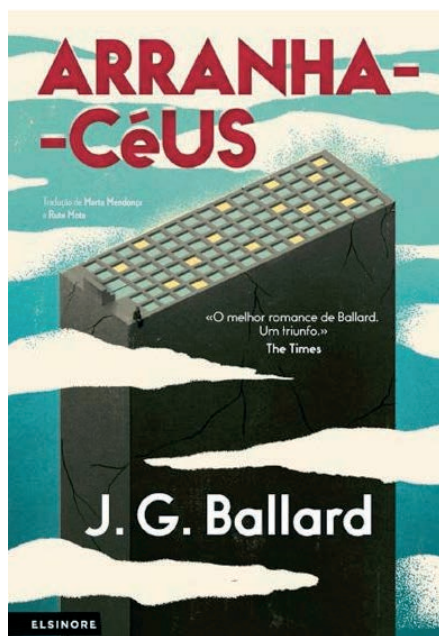
O kronos é semelhante a todo o solene passar do tempo, cada época tem o seu kairos e o aion, perene, pertence ao Verbo.

A idade da Força veio a reconhecer na torre do arranha-céus a aspiração fundamental da engenharia face ao milagre que cada obra de arquitetura constituía. Agora que os arranha-céus deixaram de constituir o logro milagroso, há que perguntar qual o efeito

que provocam no modelo que impuseram. Um assombro matemático e físico.

Os arranha-céus impuseram-se com os elementos que as fábricas produziam das matérias arrancadas à terra; é a noção de mundo a construir-se. Os arranha céus levantaram-se com os sistemas construtivos reticulados e autoportantes, os elevadores e a leveza do material; subir era também o lema do homem civilizado de citius, altius e fortius.

O arranha céu é o resultado atual de uma expressão máxima de poder, de ideia de progresso; o cruzamento de tendências de crescimento rápido, de oportunismo da globalização, de capital acumulado, de consumo desenfreado, num oportunismo desenfreado que tem gerado metrópoles incontroladas e incontroláveis; um caldo ideal para que os arranha céus alcançassem uma rápida difusão e maturidade. Os arranha céus, símbolo maior da idade da força, não querem resolver qualquer problema social, económico, espacial, nem resolver um programa compositivo, programático ou tipológico. O arranha céu tem tido sempre a capacidade de excitar a sobre humana vontade de superação. A vaidade.



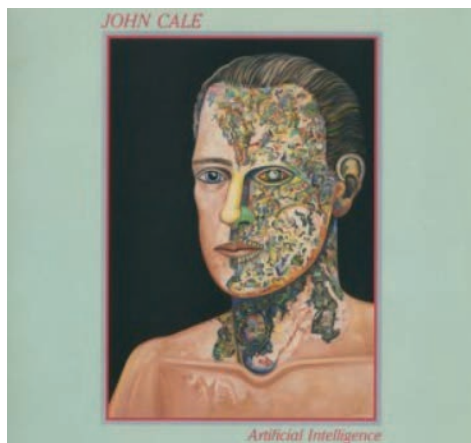
O conceito do arranha céu passa também pela vontade de controlar as necessidades sociais por uma cidade vertical, plena da valorização do poder no topo e todas as restantes hierarquias de riqueza num único objeto.

Na idade da Força tudo parece ser possível e inevitável; o conforto da vida civilizada, asséptica, sofisticada, contrasta com a falta de sustentabilidade a que devemos a toda a natureza que permitiu esta ascensão aos céus; a própria incapacidade de um ponto de riqueza extrema não podermos difundir o princípio da beleza que a arquitetura transmite. Haja vaidade, que não é pecado mortal algum, e possamos difundir toda a venustas por ricos e pobres.

A sustentabilidade, tema de crescente interesse, não pela defesa dos venenos invisíveis que se nos são oferecidos em troca da satisfação material, malogradas benfeitorias civilizacionais que o progresso oferece, deixa-nos o desconforto de não estarmos preparados para provarmos os frutos da árvore da sabedoria, reservada desde sempre para outros, que aparentemente ainda não conhecemos, ou os que já encontraram a felicidade. Por agora devemos apreender a viver mais sossegadamente, mais controladamente, difundido pelo fundo de pobre e riscos, a noção da finitude, sem que, contudo, tenhamos a soberba, de uns serem mais merecedores que outros. Um mundo todo igual, no atual processo de extração, consumo e desperdício, é inviável para as próximas gerações ainda deste século. Catastroficamente, parece haver alimento suficiente para todos; já os recursos exigidos para que o progresso almejado aconteça, parecem estar finitos. Já o metano e os carbonos crescem sem cessar. Mas são invisíveis.

Na idade da sabedoria, a venustas da arquitetura será a cura para a banalidade, a violência da construção para uma população que cresce, na reconstrução das guerras e cataclismos [como preconizou Labeuus Woods na sua reconstrução plástica da beleza perdida] para necessidades e consumos imensuráveis que só serão inteiramente satisfeitos na partida e exploração dos recursos cosmológicos.

Quem dará forma aos espaços espaciais a habitar, a viver; estará a arquitetura condenada a ser a arte do planeta que a descobriu. A venustas não é exclusiva do Mundo, e no cosmos não poderá ser apenas o campo inóspito e inusitado da Utilitas e da Firmitas.



Não será a engenharia que será redentora, nem a tecnologia, nem a inteligência artificial nem a burótica, nem a internet das coisas, que farão a epifania da construção do mundo, enquanto nos seduzem e inebriam facilmente com o barulho das luzes.

Será a beleza a redentora da toda a forma da civilização e enquanto assim for, a arquitetura será necessariamente vaidosa.



CATARINA ALMADA NEGREIROS¹

can ran ateliers de Santa Catarina

can@can-ran.com | [id 0009-0007-3436-0126](https://orcid.org/0009-0007-3436-0126)



RITA ALMADA NEGREIROS²

can ran ateliers de Santa Catarina

ran@can-ran.com

RETHINKING TILE

REPENSANDO OS AZULEJOS

[doi 10.34628/NV5V-SJ67](https://doi.org/10.34628/NV5V-SJ67)

Abstract: The text presents the work of architects Catarina and Rita Almada Negreiros, whose practice explores ceramic tile as a spatial, visual, and cultural tool in contemporary architecture. Through four projects in Lisbon — *Cota Zero*, *Vai Vem*, *Avenida da Índia*, and *5pm* — the authors demonstrate how tile can transform space, generate movement, engage the viewer, and reinterpret historical heritage. Their work employs chromatic variation, kinetic effects, decomposition of traditional patterns, and the interplay between old and new. These projects reveal tile as a versatile medium capable of producing renewed architectural and urban readings.

Keywords: Tile | Public space | Urban intervention | Kinetic effects | Tile heritage | Chromatic composition | Contemporary architecture.

Resumo: O texto apresenta o trabalho das arquitetas Catarina e Rita Almada Negreiros, cuja prática explora o azulejo como elemento plástico, espacial e identitário na arquitetura contemporânea. Através de quatro projetos realizados em Lisboa — *Cota Zero*, *Vai Vem*, *Avenida da Índia* e *5pm* — evidencia-se a capacidade do azulejo para transformar espaços, criar movimento, dialogar com o observador e reinterpretar patrimónios históricos. As autoras exploram variações cromáticas, efeitos cinéticos, decomposição de padrões tradicionais e relações entre passado e presente, demonstrando como o azulejo continua a ser um meio versátil, capaz de gerar novas leituras urbanas e arquitetónicas.

Palavras-chave: Azulejo | Espaço público | Intervenção urbana | Efeitos cinéticos | Património azulejar | Composição cromática | Arquitetura contemporânea.

¹ Catarina Almada Negreiros é arquiteta e artista portuguesa. Licenciou-se em Arquitetura pela Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa, tendo posteriormente obtido o grau de Master in Architecture pela Graduate School of Design da Harvard University. Concluiu ainda um mestrado em Comunicação e Artes na Universidade NOVA de Lisboa. Desenvolve atividade nas áreas da arquitetura, artes visuais e investigação artística, participando em projetos culturais, exposições e iniciativas de divulgação do património artístico.

² Rita Almada Negreiros é arquiteta e investigadora portuguesa. Licenciou-se em Arquitetura pela Universidade Lusíada de Lisboa. A sua atividade desenvolve-se nas áreas da arquitetura, artes visuais e investigação cultural, com particular interesse na valorização do património artístico moderno. Tem participado em projetos culturais, exposições e iniciativas de investigação dedicadas ao estudo e divulgação da obra de José de Almada Negreiros, contribuindo para a preservação e interpretação do seu legado artístico.



Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

Ouriginal Texto submetido à plataforma de deteção de similaridade e plágio OURIGINAL.

Os textos que constituem esta obra seguem, por decisão dos respetivos autores, a antiga ou a atual grafia.

O conteúdo desta obra é da exclusiva responsabilidade dos seus autores e não vincula a Fundação Minerva | Universidade Lusíada.

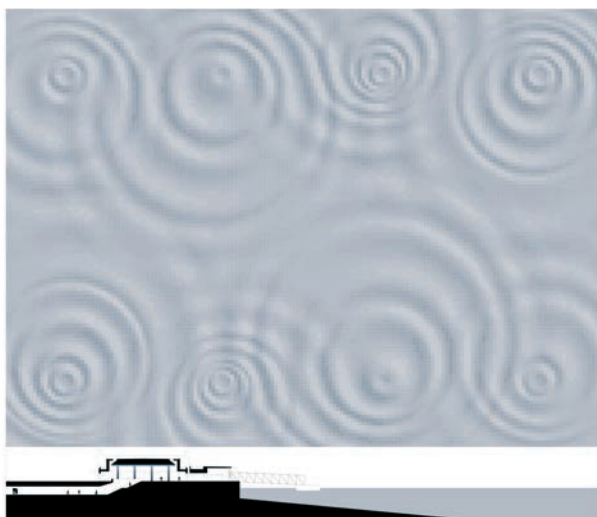
O trabalho em parceria das arquitectas Catarina e Rita Almada Negreiros- **CAN RAN** arquitectura – inicia em 2002, e as suas propostas de renovação arquitectónica destacam-se também **pela utilização do azulejo**, enquanto elemento transformador dos espaços em que se insere.

A espacialidade e o movimento são característicos do trabalho desenvolvido, a formação em arquitectura faz com que o espaço seja fundamental e indissociável do resultado final de cada obra. Essas características são enfatizadas em alguns projectos em espaço público, tal como **Cota Zero** e os projectos onde se utiliza o Azulejo Cinético como o **Vai Vem**, nestes, o espaço e o movimento do observador são fundamentais para a sua apreensão.

Reconciliar e transformar é outra vertente de temas explorados e trabalhados, aqui a história e o património azulejar português, nas suas diferentes expressões e técnicas servem de ponto de partida para os projectos. No caso da **Avenida da Índia** e no **5pm** exploram-se e revelam-se técnicas com base em imagens existentes que são trabalhadas e devolvidas.

A cidade de Lisboa e o espaço público têm sido o principal receptor dos projectos desenvolvidos com este material, neste seminário foram apresentados quatro projectos aí realizados, propondo uma análise detalhada de cada um.

Cota Zero



Local: Terreiro do Paço, Lisboa, Portugal | Cliente: Metropolitano de Lisboa

Integrado no projecto de Arquitectura: Atelier Daciano da Costa

Tratamento Plástico: Catarina Almada Negreiros e Rita Almada Negreiros Colaboração: Sílvia Rocio

Área Revestida: 480m² (Azulejo Viúva Lamego) | Data: 2011

A intervenção plástica no novo átrio da Estação Sul e Sueste integra-se no projecto de ampliação e remodelação deste equipamento em Lisboa, projecto de 1932 do arquitecto Cottinelli Telmo. Esta ampliação da autoria do Atelier Daciano da Costa tem como

objectivo transformar a Estação Fluvial em Interface, criando neste edifício a ligação entre o metropolitano e os navios da Transtejo.

O suporte desta intervenção cerâmica é o conjunto do tecto e colunas do novo átrio do Interface. Pretende-se que esta se desenvolva de forma indissociável do espaço, fundindo-a com a arquitectura, mas que em simultâneo se destaque e o reforce.

O tecto com as dimensões de 17m por 23m está solto das paredes, tem um pé direito de 5.6m e é suportado por 8 colunas de 0.60m de diâmetro. Sob este tecto emergem as escadas de acesso ao metropolitano.

Neste espaço coexistem dois movimentos fortes: a chegada de barco à cota 0, pela superfície da água e a chegada de metropolitano, a uma cota negativa. A ligação entre esses dois movimentos é feita ao nível da superfície da água. A união entre estes dois fluxos faz-se aqui e é desta especificidade do lugar que surge a ideia base desta intervenção: uma reflexão sobre a Cota Zero.

Utiliza-se o azulejo de lastra extrudida que no revestimento das colunas acompanha o seu raio de curvatura.

São utilizados vinte tons de azulejos monocromáticos, que vão do branco até ao preto passando por um azul. Será através da variação cromática deste material que se alcança um efeito óptico.

O desenho do tecto surge apenas com a utilização das dez cores mais claras, sendo as restantes cores utilizadas nas superfícies curvas das colunas.

É sobre a superfície de cerâmica do tecto que surge o desenho que induz à imagem da superfície da água. Formas circulares sugerem ser geradas pelas colunas e é recriada uma ligação entre a superfície plana e brilhante do tecto e as colunas. Desta relação/reflexão nasce um espaço virtual, colocando o espectador num novo lugar.

A passagem dos utilizadores e a variação da luz no espaço é parte intrínseca desta obra que está em continua interacção e mutação.

Vai Vem



Local: Bica, Lisboa, Portugal | Cliente: Câmara Municipal de Lisboa
Integrado na requalificação da Bica, Teresa Nunes da Ponte - Arquitectura
Tratamento Plástico: Catarina Almada Negreiros e Rita Almada Negreiros | Colaboração: Sílvia Rocio
Área Revestida: 52m2 (Azulejo Viúva Lamego) | Data: 2013

Encontramos, ao longo da história, manifestada em Portugal através da azulejaria ou da cerâmica mural, cujas capacidades decorativas e modeladoras de espaço são largamente exploradas, inúmeras superfícies que sugerem uma ilusão óptica de tridimensionalidade, *trompe l'oeil* e **anamorfoses**. **Isto acontece desde o século XV, com a azulejaria moçárabe numa sucessiva evolução que se adapta e** actualiza de acordo com o espírito e especificidade de cada época, fazendo do azulejo um material com características mutáveis ou camaleónicas.

Esta intervenção cerâmica – Vai Vem, Painel cinético – tem um lugar específico que será determinante: dois pequenos muros anexos e contíguos ao edifício do Ascensor da Bica.

Esses muros, de forma bastante, irregular contêm e evidenciam as entradas e saídas do eléctrico no edifício, num movimento contínuo de subida e descida.

A Intenção é de acentuar o movimento do elevador através de signo da seta.

Nestes dois painéis, simétricos entre si, quis-se evidenciar esse movimento.

Nos painéis, que têm múltiplas visões devido à utilização do Azulejo Cinético, utilizam-se duas imagens distintas que irão apenas ser observadas em perspectiva, uma com setas no sentido descendente e outra ascendente. Conforme a localização do observador as duas imagens vão se mostrando, misturando e sobrepondo, até que a imagem frontal se converta em imagem abstracta.

Nesta intervenção assistimos, mais uma vez, ao adaptar do azulejos a diferentes funções como sempre o fez: em particular durante o século XX com letreiros e painéis publicitários e desde século XVIII com as placas toponímicas.

Usando as cores branco e preto, também as cores da cidade de Lisboa e um signo como a seta, o azulejo adquire a função de sinalética aludindo, graças às suas características mutáveis, à sinalética digital, característica da nossa contemporaneidade.

Avenida da Índia



A00



FAIXA



A02



A03



A01



A01.03



A01.02A



A01.02B



A01.01



A04

Local: Avenida da Índia, Lisboa, Portugal | Cliente: Câmara Municipal de Lisboa

Arquitectura: APPLETON & DOMINGOS arquitectos

Tratamento Plástico: Catarina Almada Negreiros e Rita Almada Negreiros

Área revestida: 224m (Azulejos Existentes + CR Cerâmicas) | Data: 2016

O projecto de remodelação e ampliação deste conjunto de edifícios na Avenida da Índia, pretende ser um projecto de continuidade e não de rotura. É neste contexto que surge a nova volumetria do conjunto da Avenida da Índia com fachadas regulares e simétricas. Ainda assim esta intervenção não pretende criar a ilusão de que o edifício foi todo construído num mesmo momento e por isso serão perceptíveis os elementos novos do conjunto arquitectónico.

As fachadas do edifício principal serão integralmente revestidas de azulejo reutilizando os originais (azulejo padrão do séc. XIX) e criados novos tipos de azulejo para o revestimento das restantes áreas.

É da decomposição do desenho, constituído pela sobreposição de vários desenhos a que correspondem outras tantas estampilhas do azulejo original, que surge o novo conjunto.

Num exercício oposto ao efectuado no azulejo original, onde se adicionam diferentes desenhos para um resultado final denso, no novo conjunto de azulejos isolam-se os diferentes desenhos, criando um conjunto de sete novos azulejos com densidades sucessivamente diferentes e de menor intensidade.

Neste exercício de decomposição do azulejo original pretendemos revelar, e sublinhar, não só os diferentes desenhos, mas também a técnica utilizada.

No conjunto dos alçados serão utilizados nove tipos de azulejo, o azulejo existente (cerca de 33%), o novo conjunto de sete azulejos de estampilha (cerca de 51%), e o azulejo branco (cerca de 16%), assim como a faixa existente (162 metros lineares).

A composição proposta para estes alçados pretende criar um efeito de diluição, na vertical, do padrão do azulejo original. Utilizar-se-á em baixo o azulejo existente, mais denso, indo o desenho sendo simplificado, pouco a pouco, através do uso dos diferentes azulejos até chegar ao topo completamente branco.

Até à altura da 13ª fiada é utilizado o azulejo original, sem mistura com outro tipo de azulejo tal como as **últimas** duas fiadas são de azulejo branco.

5pm



Local: Paço da Rainha, Lisboa, Portugal | Cliente: Freguesia de Arroios, Câmara Municipal de Lisboa

Tratamento Plástico: Catarina Almada Negreiros e Rita Almada Negreiros

Colaboração: Sílvia Rocio, Sofia Rodrigues

Área Revestida: 203m² (Azulejo Viúva Lamego) | Data: 2016

A intervenção plástica **5pm** localiza-se no Paço da Rainha, em duas grandes superfícies laterais que limitam os arruamentos desnivelados da via central da rua e também numa pequena área junto a uma escada de pedra existente.

Neste local destaca-se ainda, pela sua forte presença, o Palácio de Bemposta, que marca o regresso da Rainha de Inglaterra a Portugal em 1693.

A proposta teve como principal objectivo estabelecer uma relação entre um azulejo de padrão do séc. XVII aplicado de forma tradicional, o qual preenchia de uma forma económica e eficaz as grandes superfícies interiores de palácios, igrejas e conventos e um azulejo com o mesmo padrão aplicado com uma nova lógica (AP 198 contemporâneo, ainda em produção na Fábrica Cerâmica Viúva Lamego).

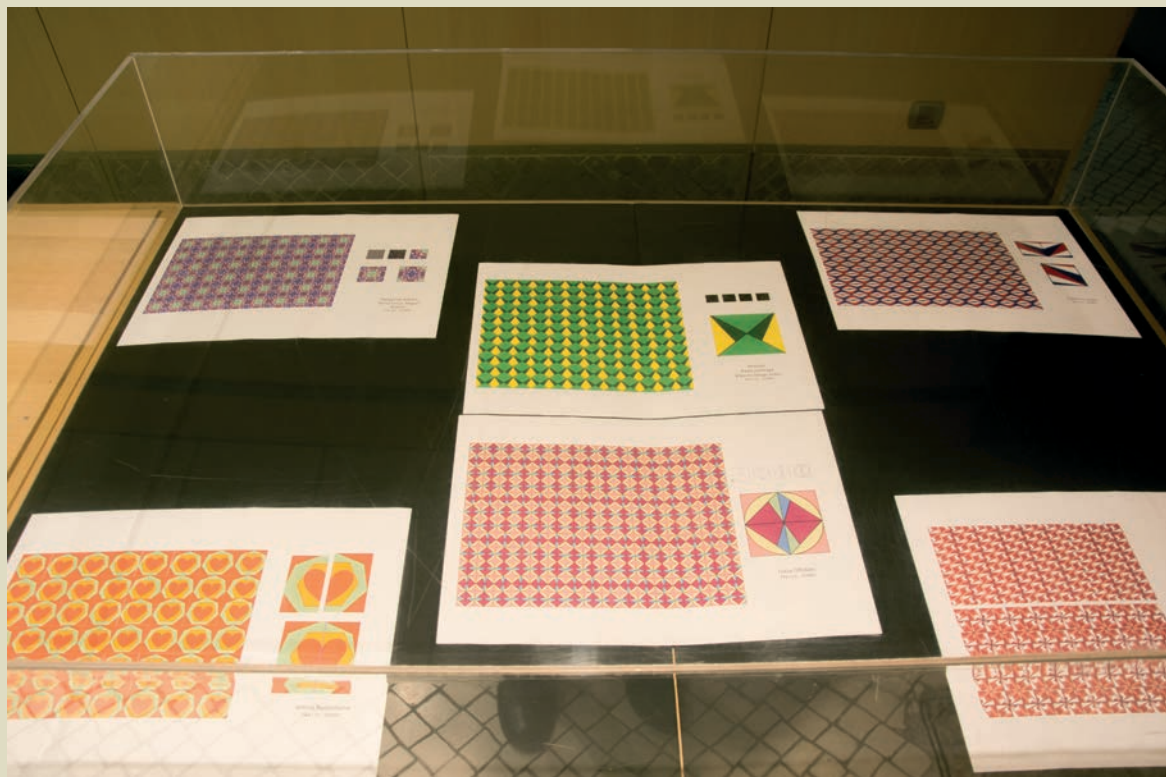
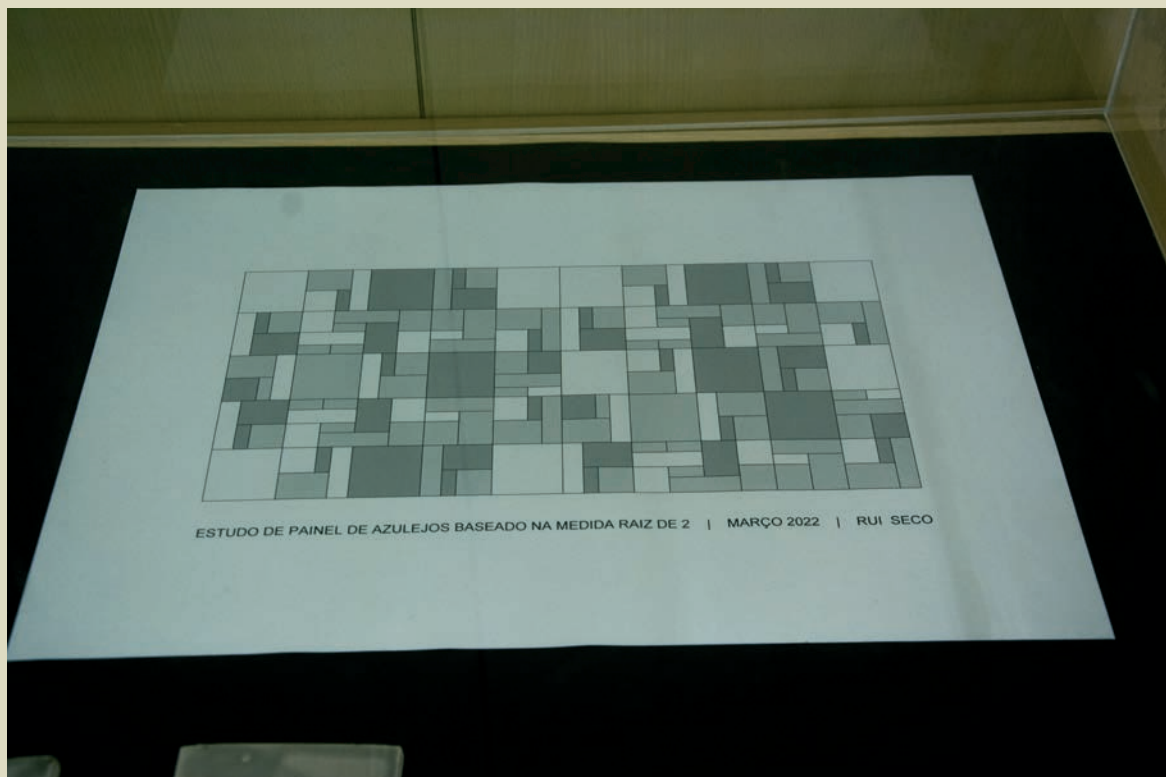
Deste modo, surgem cinco azulejos distintos, o primeiro consiste na réplica do padrão tradicional e os restantes surgem a partir de uma ampliação / variação deste. A sua utilização em simultâneo nos grandes planos, permitem criar a composição final.

Relativamente ao troço lateral das escadas existentes, este será preenchido com azulejos de fundo “azul inglês”, destacando um poema a branco de homenagem à Rainha (Edmund Waller 1606–1687).

A designação 5PM, surge pelo facto de a Rainha ser considerada a responsável pela introdução da tradição do chá das cinco na corte inglesa, “five o'clock tea”.









ALICE DINIZ¹

Oficina Alice Diniz Cerâmica

 alicediniz@gmail.com

BREVE ENCONTRO COM O BARRO E A CERÂMICA

A BRIEF ENCOUNTER WITH CLAY AND CERAMICS

 10.34628/YFWH-C136

Resumo: O texto aborda a importância da relação barro-cerâmica-humanidade, desde as suas primeiras representações até ao contemporâneo, onde se reflete as culturas que por ele se expressam. Aborda também no plano nacional entre diversos exemplos escultóricos, o azulejo que reflete a intemporalidade em torno da noção de liberdade criativa que aproxima a função social que a arte deve ter, tendo-se tornado elemento evidente na nossa cultura artística e urbanística.

Palavras-chave: Arte | Arquitetura | Azulejo | Barro-Cerâmica | Comunicação.

Abstract: The text addresses the importance of the relationship between clay, ceramics and humanity, from its earliest representations to the contemporary era, reflecting the cultures that express themselves through it. It also addresses, at the national level, among various sculptural examples, the tile that reflects the timelessness surrounding the notion of creative freedom that brings together the social function that art should have, having become an evident element in our artistic and urban culture.

Keywords: Art | Architecture | Tiles | Clay-Ceramics | Communication.

¹ Forma-se na área de cerâmica no ano de 1986, num curso experimental com instalações e apoio logístico na Fabrica Aleluia, em Aveiro. De 1987 a 1998, faz várias formações dentro da área da cerâmica e representa Portugal em exposições internacionais. Durante 8 anos gere Galeria de Cerâmica Alice Diniz, no Bairro do Restelo. Ai cria e dinamiza a Festa do Barro, festival de cerâmica de rua, que proporcionar ao público numa relação directa, interagir com as técnicas de olaria, azulejaria e modelação. Entre 2013 e

2016, viaja pela América Latina onde promoveu vários cursos de cerâmica em festivais, universidades e ateliers. Participou com este tema nas Jornada Nacional del Color en las Artes, em Mar del Plata, Argentina. Curadora e expositor do projecto "Laberintos Borgeanos" Media Lab Artes del Fuego. Criadora e facilitadora da performance do Colectivo LâeCá, Portugal-Brasil, de modelação com barro de olhos fechados. Faz parte do acervo da Cinemateca "Artistas com História" e dos registos "Arte e a Mente" do filósofo José Neto.



Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

Ouriginal Texto submetido à plataforma de deteção de similaridade e plágio OURIGINAL.

Os textos que constituem esta obra seguem, por decisão dos respetivos autores, a antiga ou a atual grafia.

O conteúdo desta obra é da exclusiva responsabilidade dos seus autores e não vincula a Fundação Minerva | Universidade Lusíada.

INTRODUÇÃO

O barro e a cerâmica, serão dos primeiros registos da capacidade humana de se representar e de transformar a natureza que habita. Pelos fragmentos cerâmicos, antropólogos e arqueólogos estudam-se e datam-se épocas do desenvolvimento humano, nos vários locais da Terra.

Pela cerâmica e nas suas diversas utilizações, se refletem hábitos, o tipo de evolução dos povos o que permite observar paralelismos culturais. Assim temos a cerâmica como meio de registo cultural, social e ambiental, transversal a toda a humanidade, desde as suas primeiras manifestações até aos dias de hoje.

Este material de fácil acesso em quase todo o planeta, transporta consigo um carácter performativo, relacional e consequente, é um artefacto do qual a humanidade deixa registo da sua consciência e do mundo.

Através da argila, barro e cerâmica, se regista a criatividade que é inerente a todos, a *techné* como o impulso para esse registo e a escultura como a sua resultante (Heitor, 2023), no crescimento da vida humana, desde a origem até hoje.



Figura1 - Árvore com vida ou vida na árvore

Fonte: <https://www.alicediniz.com/category/esculturas/>

Refletindo sobre a expressão material e imaterial da escultura em barro, Fischer (1979) descreve-a como um processo contínuo e poético que atravessa os tempos e nos transporta desde o começo da humanização até hoje e que desenha o continuum da vida humana (Fischer, 1979). Confirma Isabel Fernandes que usando o barro para se modelar, o humano representa o mundo à sua escala e com as suas valências, arru-

ma-o na sua própria lógica, refletindo a sua compreensão do exterior e de si mesmo (Fernandes, 2008).

Impregnada do modo como as culturas e as comunidades se relacionam nos quotidianos, por ela fica gravada as suas sensibilidades e estéticas, expressas nos seus múltiplos processos do campo da forma, da cor, assim como dos materiais usados, técnicas de conformação, bem como nos processos de cozedura que permitem alcançar diferentes resultados alcançados. Esta matéria-prima simples que transporta esta poética material de registo continuum, é designado por Bachelard (1985), como o material mais próximo da imaginação formal, que origina e regista formas diretamente da imagem para a matéria (Andreoletti, 2019).



Figura 2 - Performance Caminho do Barro. Imagens cedidas pela autora.

METODOLOGIA

Metodologia da pesquisa e o que se espera alcançar com o trabalho apresentado, de modo a tornar mais explícito o que o diferencia de outros.

Pretendemos com o este trabalho e na sua metodologia, apresentar uma visão poética e lucida sobre a matéria barro e o corpo humano, como elementos independentes que existem por si mesmo, porém em simultâneo usam e são usados um pelo outro. Em como o toque que cria e que transforma a matéria ser uma experiência tátil de mudança reciprocamente transformadora (Almeida, 2004; Andreoletti, 2019; Heitor, 2023; Silva, 2022).

A plasticidade do barro e a sua fácil deformação com o gesto, regista a empatia do toque da mão, estimula a ser massajado e este toque torna-o mais plástico. Esta troca de calor, gera proximidade de encontro, corpo e a matéria que se ligam às origens do fazer artístico. Este fazer, pelo qual se regista o real e os sonhos que chegam das necessidades e dos desejos, constelações de um saber fazer como uma gestação em que as mãos instrumentalizam o nascimento da poética da matéria (Coimbra, 1999).

Segundo Tiago Cabeça (2018), a prática de fazer escultura em cerâmica é anterior à prática de olaria. Ele refere o antropólogo Michael Budja (2007), que reporta para uma figura antropomórfica ou zoomórfica intacta (figura 1) que foi encontrada juntamente com cerca de 16000 fragmentos deste tipo de figuras. Estas figuras são atribuídas a caçadores recolectores da Eurásia. Estudos destes primeiros fragmentos cerâmicos encontrados, revelam que muitos deles indicam terem rebentado no fogo no processo de cozedura por excesso de humidade e pelo contacto muito brusco com o calor (Budja, 2007, in Cabeça, 2018).



Figura 3 - Primeiras figuras encontradas, associadas ao período Gravetianos, de 26000 anos a.c. Adaptada de T.Cabeça.(2018:27).

As descobertas que o autor refere, revelam que a criação escultórica em barro é muito anterior às estruturas utilitárias, sociais e sedentárias, Budja (2007). Acrescenta que na Europa a produção cerâmica relacionada a figuras e animais, associa-se ao período Gravetianos,

26000 anos a.c., sendo que os primeiros vestígios de olaria utilitária, datam de 13240 e 12960 a.c. A enorme diferença entre as datas das primeiras esculturas e as primeiras olarias encontradas, aponta para a escultura cerâmica como das primeiras manifestações artísticas do ser humano (Cabeça, 2018). A este propósito, Isabel Maria Fernandes (2008), enfatiza a necessidade do humano sempre se representar. Esta representação como sendo a maneira de olhar dentro de si e de conhecer-se a si próprio e assim encontrar a sua posição no mundo. Confirma Isabel Fernandes que usando o barro para se modelar, representa o mundo à sua escala e com as suas valências, arruma-o na sua própria lógica, refletindo a sua compreensão do exterior e de si mesmo (Fernandes, 2008)

Temos o barro e a cerâmica que nos transporta para a escultura como elemento social, da estreita relação da sua prática ou presença, como forma de se conviver e organizar com o lugar, que ao ser questionada no século passado na natureza das formas, visíveis e invisíveis, convertendo o sentido de lugar em sentido “do espaço” e de pertença, “objetivando a criação de sinergias entre as vertentes física e imaterial, cultural e social, garantindo formas de diálogo com o território através da arte” (Vicente, 2020: 4).

Vários ceramistas escultores do modernismo nacional, ligaram-se à arquitetura que ao abrigo de uma disposição municipal previa a integração de obras de arte em novas construções (Elias & Marques, 2017; Vicente, 2011). Usam os edifícios públicos e privados como suporte de murais escultóricos, assim como de azulejo, dos quais se destacam: Querubim Lapa, Jorge Vieira, Manuela Madureira, Cecília de Sousa, Jorge Barradas, Maria Keil, Júlio Resende, Júlio Pomar, António Lino, entre outros. Estas intervenções artísticas, à margem do regime, promoveram laboratórios criativos e de debate em torno da utilidade desta arte de expressão livre como união de artistas e moradores e no seu posicionamento em relação à cultura como palco de manifestações artísticas

Assim as cidades foram uma fonte de inspiração para os pintores e escultores modernos, que adicionaram também vontade de participar em equipas pluridisciplinares, em direcção a caminhos artísticos mais inclusivo (Elias, 2012). Encontram neste espaço criativo, liberdade para trabalhar com as comunidades a plasticidade e o acaso da matéria barro e cerâmica, como expressão para se destacarem dos cânones oficiais de encomendas públicas e para se autonomizar na sua linguagem moderna (Tavares, 2009; Camões, 2000). Muitas dessas manifestações artísticas são o ex-libris do património artístico nacional, conforme ilustram trabalhos de azulejo de Maria Keil (fig.1) e painel cerâmico de Querubim Lapa.

Como consequência do exposto anteriormente, temos o azulejo que se renova do passado e nos chega como afirmação do nosso património e no moderno. O azulejo esse quadradinho infinitamente reprodutível, que pela sua forma é já uma grelha de pensamento, oferece uma base matemática e geométrica que sendo profundamente cartográfico e inovador, mergulha no sentimento da história intemporal que está inevitavelmente inscrito no ADN nacional (Schein, 2021).



Figura 4 - Paineis Azulejos Maria Keil. Avenida Infante Santo. Lisboa.
Fonte: <https://lisboasecreta.co/paineis-de-azulejos-que-sao-obras-de-arte/>

Ele por si é um excelente material cerâmico, de múltiplas vantagens e aplicações arquitetónicas, e muito estimulante suporte para se desenvolver a estética da pintura e escultura. Embora alguns artistas se tenham manifestado que foram compelidos a não se expressarem através do azulejo e da cerâmica, todos eles fizeram desta matéria a sua forma de expressão e de modo a potenciar a função social da arte ao alcance de todos, como um propósito de sensibilização de estatuto de arte pública, a arte integrada numa mudança de mentalidades em Portugal.

Diz Maria Keil (Tavares, 2009), que o envolvimento com o processo criativo, é o verdadeiro debate em torno da liberdade de atuação artística e que transporta um grau de afetividade que se aproxima da função social que a arte deve ter.

Vários escultores, descrevem a sua relação de trabalho com esta matéria. Em todos é recorrente reforçarem o elemento empatia entre corpo e matéria como um só. Aprofundar a confiança e ousadia saudável de trabalho que se transporta para a vida. Deixar o barro falar no seu estímulo empático que revela as suas especificidades e aponta caminhos novos e inusitados como elemento híbrido e transitório e relacional, do fazer e com a socialização, deslocando a experiência estética para a experiência participativa (Andrelloti, 2019:1), muito além do seu uso ligado ao tradicional e representativo. (Frois, 2010)

O ato de criação com barro, o pressionar, escavar, puxar, afagar, polir, “Desse contacto íntimo, surge a mensagem que transcende o objeto e a sua percepção. A matéria que se eleva num voo, como sinal e liberdade, como mediação entre o peso da matéria e a sua leveza, a ligação ao solo para a conquistar o aéreo” (Coimbra, 1999: 63).



Figura 5 - Rosa Ramalho. Cabra

Fonte: <https://comunidadeculturaearte.com/quem-foi-rosa-ramalho-a-mais-celebre-ceramista-portuguesa/>

A suavidade da matéria que se deixa manipular com gestos suaves onde a sua plasticidade nos transporta para as múltiplas possibilidades. Espelho dos seus autores, que reflete os gestos, gestos não somente da mão, mas de todo o corpo e toda a sua envolvente, constelação da universalidade da cultura e contexto social (Silva, 2022).

Fraya Ostrower (2001), reporta que ao interagir com o barro, por caminhos diferentes, encontra-se espaços para uma experiência estética criada pelas nossas mãos, onde se sentem os dilemas, encruzilhadas da criação de que caminho seguir, o que colocar e o que abdicar. Tomar decisões que quebram barreiras que como seres pensantes e atuantes, por esta via sentem a sensação de liberdade. Deixar o barro falar com o seu estímulo empático, que revela as suas especificidades e aponta caminhos novos e inusitados (Ostrower, 2001).

Nas diversas produções escultóricas revela-se a sua capacidade de resgatar novas fronteiras, carregadas de triunfos em campos nunca abordados, nomeadamente a oportunidade de o material passar a ter a sua voz e ser ele a mostrar caminhos com uma linguagem que é escutada como forma de aprendizagem. Bastando a sua presença para se ser confrontado com um estímulo inquietante (Damdrot, 2017).

Hoje, é incontestável, pelos exemplos expostos anteriormente que o barro e a cerâmica, afirmam a sua primazia de matéria-prima como elemento da versatilidade criativa da alma humana.

Frágil e resistente, esta matéria-prima que tem a necessidade de se democratizar e de se abrir à sociedade como resgate do valor cultural e artístico na genialidade: “Julgue-se a arte de um país e a delicadeza da sua sensibilidade pela respectiva cerâmica, que é pedra de toque segura” (Read, 2001. p 42).



Figura 6 - Cerâmica de Alice Diniz. Da série Guerreiros. 2008.

Fonte: <https://www.alicediniz.com/totem-anjo-sem-asas/>

Descrevemos sumariamente as transformações que o tempo de secagem e o fogo opera no barro até ser cerâmica e as suas características físicas e mecânicas: depois de bem seco, em contacto com o fogo, entre os 100° e os 250° o barro perde a totalidade da sua humidade. Esta primeira fase do aumento de temperatura é muito delicada e deverá ser particularmente lenta de forma que toda a massa de barro esteja aproximadamente na mesma temperatura. Entre os 200° e os 900° as partículas de matéria orgânica são totalmente eliminadas. Aqui, pelos 473° faz-se a transformação do quartzo, mineral que faz parte da composição do barro. Esta transformação química do quartzo que acontece tanto no aquecimento como no arrefecimento do processo de cozimento é particularmente delicada. A partir desta temperatura a velocidade de

aquecimento pode aumentar. Pelos 600° a 850°, o barro transforma-se em cerâmica, irreversivelmente. A esta temperatura a cerâmica é muito porosa e pouco resistente mecanicamente. Entre os 900° e 1100°, ela vai ganhando resistência com a ação do calor que provoca uma compactação das matérias e consequente perda de porosidade.

A partir desta temperatura, a cerâmica, entra num processo de vitrificação, pela reação da sílica e da alumina que fundem a estas temperaturas e que contribuem para a resistência, dureza e aumento de vitrificação da cerâmica. Depois desta temperatura até aos 1300°, que só algumas pastas suportam este calor como a porcelana e o grés, acontece a impermeabilização total da matéria cerâmica (Souza, 2017)

Do barro ao grés, a argila mostra-se com fluidez e agilidade no processo emergente do pensamento escultórico facilitador na abordagem que dá a conhecer as formas de relacionamento dos escultores com este material primordial.

Como exposto anteriormente nos exemplos históricos e contemporâneos que apresentam a utilização do barro como uma manifestação criativa humana artística, em particular dos escultores que elegeram este meio como processo ou resultado.

Por ser longa e forte a relação barro-cerâmica-humanidade, poeticamente associado ao corpo e à vida, o seu apelo é quase sinónimo a um movimento cultural, que ao ser manuseado, as mãos ligam a matéria à emoção, como se a realidade da matéria só o passasse a ser quando modelado (Silva, 2022; Andreoletti, 2019).

Mário de Andrade (1938) diz-nos que o barro, liberta-se do seu estigma estereótipo de matéria secundária e entra num domínio de liberdade de expressão, imprimindo a sensibilidade do gesto de descoberta e de auto-reflexão.

O encontro do barro com o sujeito, a liberdade que ele sugere, e onde o erro facilmente é incorporado no processo. O importante ao trabalhar com barro é senti-lo com um prolongamento do corpo, por onde se registam possibilidades de transformação, persistência, tornando o objeto-obra, não apenas dos saberes técnicos, mas principalmente da visão do seu mundo e como se revelam neste diálogo de ser-se e fazer-se valores simbólicos (Andrade, 1938).

Diz-nos Angel Chen (2017), a importância da descoberta do novo que se expressa através do barro. Já não somente o barro ou cerâmica, de princípios estereotipados do artesanato ou de conceptualizações vindas do utilitário da porcelana, com o rigor da técnica e da forma, mas da enorme possibilidade de derrubar fronteiras e encontrar caminhos novos (Chen, 2017).

O ceramista Robert Miller (2017), descreve a profundidade, o bem-estar e relaxamento da elasticidade mental, desta relação que se desenvolve como práticas. “O barro e a cerâmica são o ioga do mundo da arte” (Miller, 2017). O ceramista invoca que deve ser entendido de uma forma mais ampla, como um instinto humanista que tem de ser orientado. Compara-o ao Jazz que só pode ser tocado, depois de se aprender realmente a tocar o instrumento (Robert Miller in Damdrot, 2017).



Figura 7 - Performance Caminho do Barro. Coletivo LáecÁ. 2015.
Imagem da autora.

O escultor-oleiro-arquiteto, Theaster Gates, dedica o seu trabalho ao resgate da dignidade das pessoas e das matérias. Ele criou pontes entre o barro, a sua matéria escultórica e as relações com as pessoas e as comunidades. No seu campo expandido de trabalho, ele afirma “que como oleiro, aprender a moldar o mundo” (Gates, 2010). Colocando o barro ao nível da religião, este artista, compara o manusear do barro com o manusear da vida. Ao dar forma a um, a outra se transforma também. Ele fala da sua experiência como oleiro, mas ressalta que é comum a todos que se dispõem a enfrentar as suas capacidades, imaginando o que querem alcançar e como fazer, seja no surgimento de uma taça ou numa escultura. Esta confrontação criativa é empoderadora. Diz-nos que esta transversalidade se aplica à vida, como se aplica no barro, em casa, na capacidade de enfrentar novos desafios, ao confiar na capacidade intuitiva assertiva (Gates, 2010).

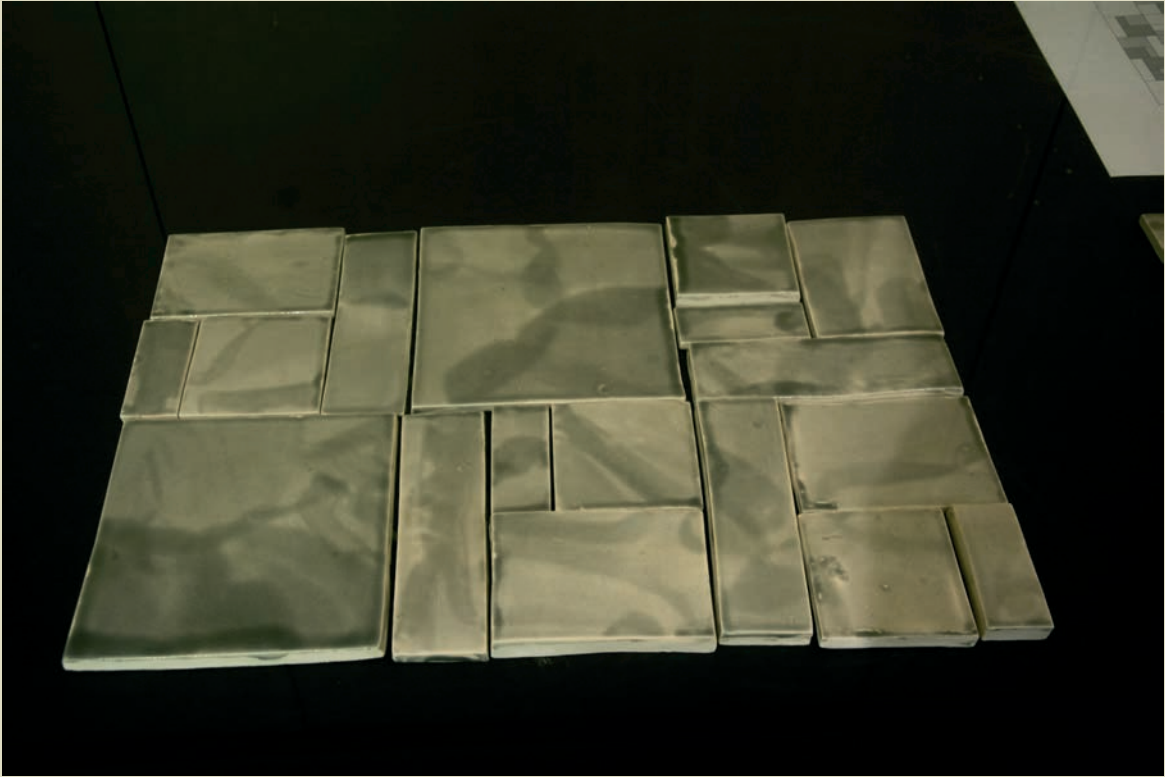
CONCLUSÃO

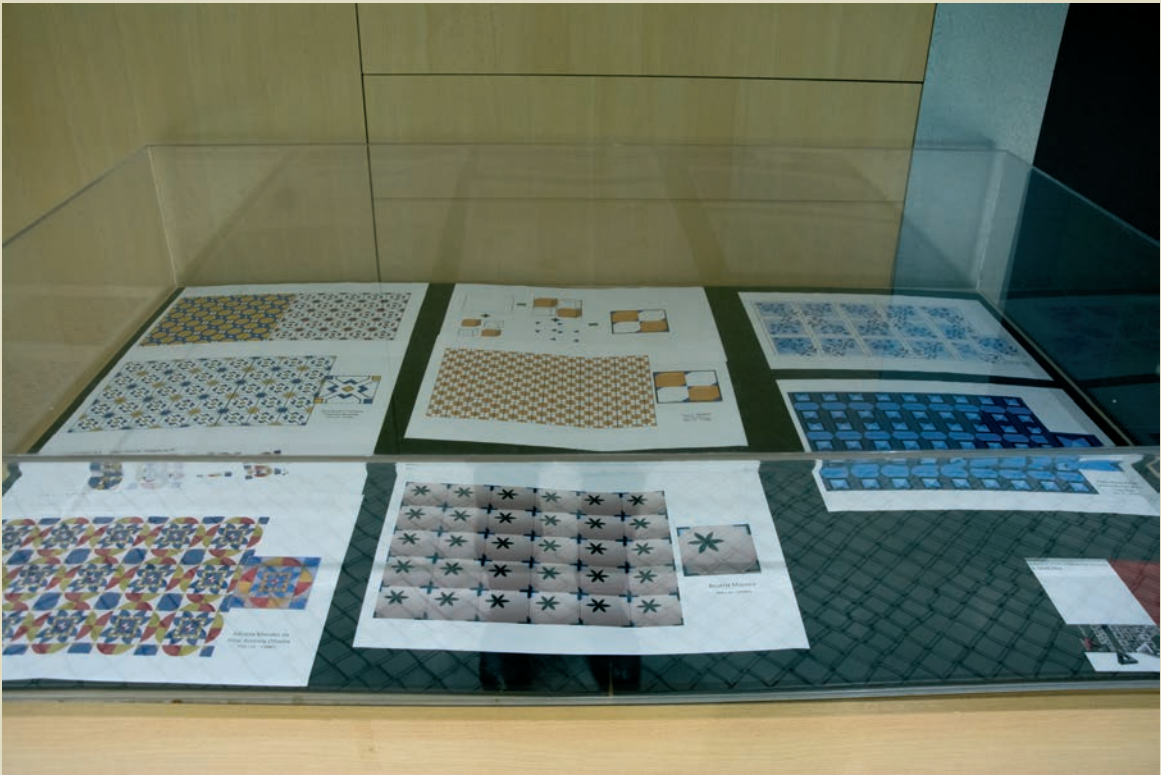
Concluimos que criar com barro hoje, é falar uma linguagem transversal, como a música ou a dança e que nos reporta ao gesto criativo de materialização e à nossa mais ancestral necessidade de criatividade que resulta na escultura de hoje. O barro, a matéria-prima escultórica original, que é veículo de expressão escultórica privilegiada pela liberdade, conexão e empatia que desenvolve com o seu autor. Ele que permite também, sem nenhum objetivo que não seja o prazer de estar, o recolhimento e o encontro consigo e com o outro, resgatando um sentido de parar, de valer a pena, de utopia e de liberdade (Gormley, 1988).

BIBLIOGRAFIA

- ANDREOLETTI, A. (2019). Performative raw clay practices and ceramic firing techniques. *Culture Machina*, p. 1.
- CABEÇA, T. (Junho de 2020). Academia.edu. O segredo de Vénus, pp. 34. https://www.academia.edu/44365996/O_segredo_de_V%C3%A9nus?email_work_card=abstract-read-more.
- COIMBRA, P. M. (1999). Jorge Vieira, ofício: escultor. Dissertação mestrado, p. 61. Damdrot, S. N. (16 de setembro de 2017). De-Skilled ceramics: The approachable ART FORM. Obtido de KCET: <https://www.kcet.org/shows/artbound/de-skilled-ceramics-the-approachable-art-form>
- ELIAS, H., & LEONOR, S. (2014). Intervenções artísticas no espaço público nos anos setetena em Portugal. artigo.
- FERNANDES, M. I. (2008). Crescei e multiplicai-vos. Em IEFP, Figuras e figurado (p. 9). Lisboa: IEFP. IP.
- FISCHER, E. (1979). A necessidade da arte - 7ª edição. Rio de Janeiro: Zahar Editores. Fróis, V. (1954). Estar ou ser margem. Repositorio.ul.pt, <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/1993>.
- GATES, T. (16 de abril de 2010). Theaster Gates Performance. Obtido de YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=deCBuX7GYSo>
- GORMLEY, A. (2003). Field, 1989-2003. Obtido de Antony Gormley: <https://antonygormley.com/projects/item-view/id/245#p35>
- HEITOR, Alice (2023). Quando as pessoas também são a matéria-prima da escultura. Dissertação de mestrado FBAUL.
- OSTROWER, F. (2001). Criatividade e processos de criação. Petrópolis: Editora Vozes.
- SILVA, J. C. (2021). Reflexões sobre Escultura, Matéria e Técnicas um manual. Lisboa: CIEBA.
- SOUZA, O. (15 de agosto de 2017). Processo de cozedura em cerâmica. Obtido de LinkedIn: <https://www.linkedin.com/pulse/processo-de-cozedura-em-cer%C3%A2mica-otacilio-souza/?originalSubdomain=pt>
- VICENTE, S. (2016). Quando os cidadãos são escultores. Escultor cidadão cidadão escultor.
- TAVARES, M. (2009). Intervenções de artes plásticas. Obtido de Infohabitar 265: <http://infohabitar.blogspot.com/2009/09/intervencao-de-artes-plasticas- numa.html>









FÁTIMA SILVA¹

CITAD – UNIVERSIDADE LUSÍADA, LISBOA

✉ fatima.silva@edu.ulusiada.pt | 0000-0001-7259-7860



ELSA NEGAS²

CITAD – UNIVERSIDADE LUSÍADA, LISBOA

✉ elsa.negas@gmail.com | 0000-0003-1322-8779

AS FÓRMULAS NA ARQUITETURA E O EXERCÍCIO CRIATIVO: A EXPOSIÇÃO “O AZULEJO NA ARQUITETURA” COMO ESTUDO DE CASO

FORMULAS IN ARCHITECTURE AND CREATIVE EXERCISE: THE EXHIBITION ‘TILES IN ARCHITECTURE’ AS A CASE STUDY

10.34628/1ZB7-X878

Resumo: O presente artigo descreve e analisa a componente expositiva do 6.º Seminário Internacional “As Fórmulas na Arquitetura”, que teve como eixo temático a interligação entre arquitetura, matemática e tecnologia. Através da exposição e do concurso “O Azulejo na Arquitetura”, desenvolvidos em ambiente de atelier, promoveu-se a participação ativa dos estudantes e investigadores em práticas interdisciplinares que associam o desenho paramétrico, a geometria aplicada e as técnicas cerâmicas tradicionais. Esta atividade revelou-se uma experiência pedagógica e científica relevante, fomentando a criatividade, a aprendizagem ativa e o diálogo entre o conhecimento técnico e expressivo.

Palavras-chave: Arquitetura | Matemática aplicada | Sustentabilidade | Inteligência artificial | Cerâmica e azulejos | Identidade urbana.

¹ Arquitecta, com doutoramento em Desenho Urbano pela Universidade de Sevilha, é Professora da Faculdade de Arquitetura e Artes da Universidade Lusíada de Lisboa. É investigadora do CITAD, onde coordena a Linha de Investigação ‘A Cidade e a Paisagem na Contemporaneidade’ e os Projetos de Investigação EsTejo e LLAB21. Organizadora dos seminários de Arquitetura e Matemática – As Fórmulas na Arquitetura.

² Elsa Negas é docente universitária desde 1993, com atividade consolidada nas áreas da Matemática, Estatística e Investigação Operacional. É mestre em Investigação Operacional pela Universidade de Lisboa e desenvolve investigação de carácter interdisciplinar, com enfoque no apoio à decisão, na matemática aplicada à gestão e na articulação entre matemática, território e sustentabilidade. É investigadora integrada no CITAD – Centro de Investigação em Terri-

Abstract: This article describes and analyses the exhibition component of the 6th International Seminar ‘Formulas in Architecture’, which focused on the interconnection between architecture, mathematics and technology. Through the exhibition and the competition ‘Tiles in Architecture’, developed in a studio environment, the active participation of students and researchers in interdisciplinary practices combining parametric design, applied geometry, and traditional ceramic techniques was promoted. This activity proved to be a relevant pedagogical and scientific experience, fostering creativity, active learning and dialogue between technical and expressive knowledge.

Keywords: Architecture | Applied mathematics | Sustainability | Artificial intelligence | Ceramics and tiles | Urban identity.

tório, Arquitetura e Design. Participa em comissões científicas e organizadoras de conferências nacionais e internacionais, destacando-se a sua integração na organização do 7.º e do 11.º International Conference on CSR, Sustainability, Ethics and Governance, bem como a sua participação continuada na comissão científica do ICMarTech, em diferentes edições. A sua investigação recente incide sobre equidade territorial, infraestruturas, sustentabilidade e cidades inteligentes, tendo apresentado e publicado trabalhos científicos em conferências internacionais de referência nestes domínios. É autora de diversos artigos científicos e coautora do livro Estatística Descritiva – Explicação Teórica, Casos de Aplicação e Exercícios Resolvidos, em colaboração com a Professora Doutora Adelaide Carreira. Mantém uma participação ativa na formação pedagógica no ensino superior, com particular destaque para os Seminários de Prática Pedagógica da Universidade Aberta.



Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

Ouriginal Texto submetido à plataforma de deteção de similaridade e plágio OURIGINAL.

Os textos que constituem esta obra seguem, por decisão dos respetivos autores, a antiga ou a atual grafia.

O conteúdo desta obra é da exclusiva responsabilidade dos seus autores e não vincula a Fundação Minerva | Universidade Lusíada.

1. INTRODUÇÃO

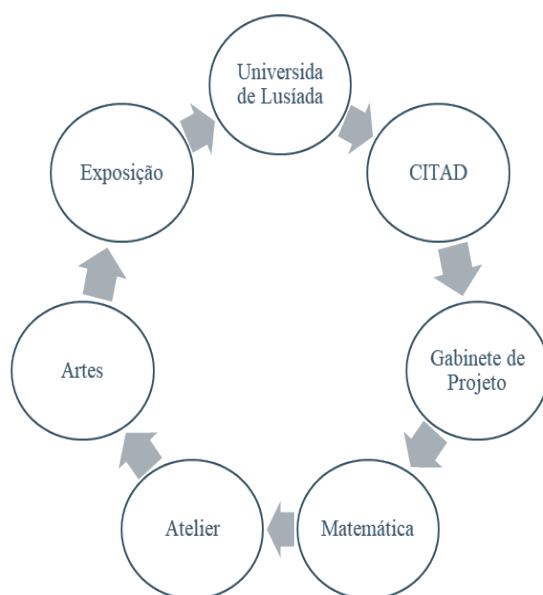
Desde a sua criação, o Seminário Internacional de Arquitetura e Matemática - As Fórmulas na Arquitetura tem-se afirmado como uma plataforma interdisciplinar de partilha científica e pedagógica. A 6.ª edição centrou-se na relação entre arquitetura, matemática e tecnologia para um futuro sustentável, promovendo atividades teóricas e práticas, entre as quais se destaca a exposição “O Azulejo na Arquitetura”, enquanto estudo de caso com enfoque em investigação aplicada.

2. ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS

A exposição, organizada no átrio dos auditórios da Universidade Lusíada de Lisboa, teve como principais objetivos:

- ❖ a valorização da produção científica e artística de alunos e investigadores;
- ❖ o desenvolvimento de competências criativas e técnicas em ambiente colaborativo;
- ❖ a exploração de metodologias pedagógicas baseadas em processos artesanais e digitais.

Desta forma, para o 6º Seminário a organização teve como iniciativa desenvolver uma exposição que articulasse os seguintes domínios:



A exposição proporcionou uma oportunidade valiosa para consolidar e fortalecer a prática do design cerâmico enquanto elemento fundamental de ligação entre a expressividade estética da arquitetura contemporânea e os princípios lógicos, es-

truturais e formais da matemática aplicados ao desenvolvimento e à composição de padrões visuais.

Ao integrar conhecimentos artísticos e científicos, o design cerâmico revelou-se um meio eficaz de diálogo interdisciplinar, promovendo a interligação entre criatividade e racionalidade na criação de superfícies arquitetônicas.

3. METODOLOGIA

A metodologia da exposição integrou o desenvolvimento do Workshop II – O Azulejo na Arquitetura, realizado no atelier da Mestre ceramista Alice Diniz, associado à realização de um concurso de propostas para o revestimento de uma parede exterior localizada na esplanada do refeitório do polo da Quinta do Almargem da Universidade Lusíada de Lisboa.

FOTO DA PAREDE DO AR LÍQUIDO

A realização do Workshop II baseou-se numa ideia de unidade entre toda a Faculdade de Arquitetura e Artes e o CITAD (Centro de Investigação em Território, Arquitetura e Design). A investigação científica foi valorizada como instrumento de avanço do conhecimento, de apoio à didática e ao ensino, e como um meio de fomentar a ligação entre a Universidade e a realidade social e ambiental. Esta dinâmica potenciou ainda avanços tecnológicos e articulações entre diferentes unidades curriculares.

O Workshop II manteve a parceria com a Mestre ceramista Alice Diniz, sendo estruturado num novo formato: as sessões foram realizadas no atelier da ceramista e foi lançado o concurso “O Azulejo na Arquitetura”.

A organização do evento contou ainda com as colaborações do Professor Doutor Arquiteto Mário Chaves (coordenador do 1.º ano do Mestrado Integrado em Arquitetura) e do Professor Doutor Arquiteto Bernardo d’Orey Manoel (coordenador geral do Gabinete de Estudos e Projetos da Universidade Lusíada).

Participaram estudantes de três áreas distintas – Arquitetura, Design e Jazz e Música Moderna – selecionados através de candidatura.

O processo foi dividido em quatro momentos formativos:

- ❖ Conferência de apresentação do Workshop II e do concurso “O Azulejo na Arquitetura”;
- ❖ Sessões teóricas sobre tecnologias cerâmicas;
- ❖ Conferência com o Diretor do Museu Nacional do Azulejo, Doutor Alexandre Nobre Pais;
- ❖ Sessões práticas de conceção e fabrico de moldes e azulejos.

Durante a conferência de abertura, foram apresentadas as orientações para o Workshop II e para o concurso, os participantes poderiam trabalhar sozinhos ou em grupo, teriam que gerar um novo padrão em ambiente de atelier, o qual seria desenvolvido em barro e gesso (para a criação do molde), permitindo a produção de múltiplos azulejos e a associação de cor às peças.

O concurso “O Azulejo na Arquitetura” consistiu na apresentação de uma proposta de revestimento para uma parede exterior no espaço da esplanada do refeitório da Universidade Lusíada.

Cada projeto, desenvolvido por aluno ou investigador deveria:

- ❖ Desenvolver um padrão cerâmico original;
- ❖ Criar um estudo de articulação do padrão em friso e/ou painel (podendo a superfície ser plana ou cilíndrica);
- ❖ Elaborar um cartaz de apresentação simulando diferentes composições possíveis;
- ❖ Produzir fisicamente 4 azulejos e um molde em gesso.

O concurso contou com o patrocínio da Fábrica de Cerâmica da Viúva Lamego, representada nos encontros pela Dra. Catarina Cardoso. O padrão vencedor passaria a integrar o catálogo da fábrica.

Para reforçar a formação, realizaram-se:

- ❖ Duas conferências sobre Tecnologias da Cerâmica pela Mestre Alice Diniz;
- ❖ Uma conferência sobre o Museu Nacional do Azulejo, apresentada pelo seu Diretor, Doutor Alexandre Nobre Pais.

NO TOTAL, 52 PESSOAS PARTICIPARAM NO WORKSHOP II

A organização estabeleceu grupos de trabalho em que o critério foi, somente, a conciliação com o horário letivo. Todos completaram os quatro momentos formativos necessários à produção dos azulejos. No entanto, apenas estudantes de Arquitetura apresentaram propostas para o concurso de revestimento.

A participação no concurso envolveu apenas alunos do Mestrado Integrado em Arquitetura. Houve 15 candidatos, que apresentaram 13 propostas (duas das quais em equipa de dois alunos).

Cada proposta incluía:

- ❖ Quatro azulejos produzidos;
- ❖ Um molde em gesso;
- ❖ Estudo de aplicação na parede exterior da esplanada, acompanhado de um ou dois cartazes.

Todos os participantes receberam certificados de participação, e a seleção do vencedor foi realizada por um júri composto por:

Organização:

Prof.^a Doutora Arquiteta Fátima Silva

Mestre Elsa Negas

Colaboradores:

Prof. Doutor Arquiteto Mário Chaves

Prof. Doutor Arquiteto Bernardo d’Orey Manoel

Parceria:

Mestre ceramista Alice Diniz

Patrocínio:

Dra. Catarina Cardoso (Fábrica de Cerâmica da Viúva Lamego)

Direção da Faculdade de Arquitetura e Artes:

Prof.^a Doutora Arquiteta Helena Botelho

Direção da Universidade Lusíada:

Prof. Ricardo Leite Pinto

Coordenação da Licenciatura em Jazz e Música Moderna:

Prof. Doutor Máximo Cavalli

O projeto Fórmulas na Arquitetura atingiu diversos objetivos, incluindo:

- ❖ A aplicação prática de saberes interdisciplinares em um caso real de estudo;
- ❖ A colaboração entre alunos de diferentes cursos e níveis de formação;
- ❖ A criação de uma exposição enquanto atividade extracurricular;
- ❖ A aquisição de novos conhecimentos e competências, como investigação temática, trabalho em grupo e prática em ambiente de atelier.

A coordenação e orientação artística da Mestre Alice Diniz, em articulação com o corpo docente e as entidades parceiras, foi essencial para assegurar o sucesso formativo e criativo do Workshop II.

De forma sumária apresenta-se uma tabela com a metodologia descrita.

Etapa	Descrição	Observações
Conceção	Parceria com a Mestre ceramista Alice Diniz; apoio do CITAD e coordenação da Faculdade de Arquitetura e Artes	Integração da investigação científica com a prática artística
Organização Inicial	Colaboração com Prof. Doutor Arq. Mário Chaves e Prof. Doutor Arq. Bernardo d'Orey Manoel	Organização do Workshop II e lançamento do concurso
Participação	Estudantes de Arquitetura, Design, Jazz e Música Moderna	Seleção por candidatura; inscrição de 52 aluno
Estrutura Formativa	Conferência de apresentação, Sessões teóricas sobre tecnologias cerâmicas, Conferência Museu Nacional do Azulejo, Sessões práticas em atelier	Desenvolvimento de padrões, moldes e azulejos
Concurso "O Azulejo na Arquitetura"	Desenvolvimento de propostas de revestimento para parede exterior na Universidade Lusíada	Produção de azulejos e cartazes simulando a sua aplicação

Etapa	Descrição	Observações
Júri	Organização, Colaboradores, Parceria, Patrocínio, Direção FAA e Universidade Lusíada	Avaliação das 13 propostas entregues
Resultados e impacto	Exposição extracurricular, integração de saberes técnicos e artísticos, desenvolvimento de competências de investigação, trabalho em grupo e prática de atelier.	Consolidação da relação entre ensino, investigação e prática profissional

Esquema Visual da Metodologia – Workshop II: “O Azulejo na Arquitetura”

4. RESULTADOS

Inscreveram-se 52 participantes no Workshop II, tendo sido desenvolvidos múltiplos padrões geométricos originais. A vertente prática permitiu: a produção de moldes em gesso; a modelação de azulejos em barro; a aplicação de cor; e, a simulação da aplicação dos padrões em painéis ou frisos.

No âmbito do concurso, 15 estudantes do mestrado integrado em Arquitetura apresentaram 13 propostas completas, cada uma composta por 4 azulejos, 1 molde e 1 ou 2 cartazes ilustrativos da sua aplicação em superfícies arquitetónicas.

O concurso foi patrocinado pela Fábrica de Cerâmica Viúva Lamego, representada pela Dra. Catarina Cardoso, sendo o padrão vencedor incluído no catálogo da empresa.

5. DISCUSSÃO

A exposição demonstrou o potencial pedagógico de metodologias que conciliam saberes técnicos e sensibilidade artística, integrando a matemática na criação de soluções plásticas e funcionais. A exploração da modularidade, da simetria e da proporção áurea permitiu que os participantes transformassem conceitos teóricos em práticas tangíveis, evidenciando a importância do raciocínio matemático no desenvolvimento de composições visuais inovadoras. Além disso, promoveu-se o diálogo entre inovação e tradição, num contexto em que a cerâmica se apresenta simultaneamente como matéria de estudo arquitetónica e matemática. Destacou-se, também, a relevância da compreensão de um contexto histórico para a aplicação consciente dos revestimentos de superfícies em projetos de arquitetura contemporânea. O trabalho em ambiente de atelier, articulando práticas criativas e saberes técnicos, demonstrou a eficácia da metodologia na conciliação entre a aplicabilidade de conhecimentos matemáticos e a prática artística, reforçando a importância de uma abordagem pedagógica interdisciplinar para a formação de profissionais inovadores e críticos.

6. CONCLUSÃO

A realização da exposição e do concurso “O Azulejo na Arquitetura” reforçou a pertinência de projetos interdisciplinares no ensino superior, permitindo aos estudantes aplicar o conhecimento em contextos reais e desenvolver competências técnicas, críticas e criativas. A iniciativa destacou-se como contributo científico e artístico, exemplificando a capacidade da arquitetura de integrar múltiplos domínios do saber em prol da inovação e da sustentabilidade.







AS FÓRMULAS NA ARQUITETURA

ATAS DO 6.º SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE ARQUITETURA E MATEMÁTICA



FÁTIMA SILVA¹

CITAD – UNIVERSIDADE LUSÍADA, LISBOA

✉ fatima.silva@edu.ulusiada.pt | 0000-0001-7259-7860



ELSA NEGAS²

CITAD – UNIVERSIDADE LUSÍADA, LISBOA

✉ elsa.negas@edu.ulusiada.pt | 0000-0003-1322-8779



ANTÓNIO CAMPINOS POÇAS³

CITAD – Universidade Lusíada, Lisboa

✉ 13000657@lis.ulusiada.pt | 0009-0007-8793-0401

ARQUITETURA E MATEMÁTICA EM DIÁLOGO: SUSTENTABILIDADE, TECNOLOGIA E ESTÉTICA

ARCHITECTURE AND MATHEMATICS IN DIALOGUE: SUSTAINABILITY, TECHNOLOGY AND AESTHETICS

10.34628/6QJ8-MY05

Resumo: O 6.º Seminário Internacional “As Fórmulas na Arquitetura”, realizado em novembro de 2023 na Universidade Lusíada de Lisboa, consolidou-se como um espaço multidisciplinar de diálogo entre arquitetura, matemática, tecnologia e arte. Reunindo investigadores nacionais e internacionais, o evento explorou a complexidade dos desafios contemporâneos da arquitetura, com foco na sustentabilidade, na inovação digital e na pedagogia. Ao longo de dois dias, refletiu-se sobre o papel da matemática na conceção arquitetónica, o impacto da inteligência artificial, a integração de sistemas fotovoltaicos e a importância da cerâmica e do azulejo como expressão estética e identitária. A articulação entre teoria e prática, tradição e inovação, foi visível nas múltiplas apresentações, oficinas e exposições que revelaram um pensamento arquitetónico interdisciplinar, sensível e crítico. Este artigo propõe-se sintetizar os principais contributos apresentados, refletindo sobre a relevância do seminário como motor de transformação pedagógica, científica e profissional no campo da arquitetura contemporânea.

Palavras-chave: Arquitetura | Matemática aplicada | Design cerâmico | Azulejo | Desenho paramétrico | Geometria | Criatividade | Sustentabilidade | Padrões geométricos | Tecnologia e artes.

Abstract: The 6th International Seminar ‘Formulas in Architecture’, held in November 2023 at Lusíada University in Lisbon, established itself as a multidisciplinary space for dialogue between architecture, mathematics, technology and art. Bringing together national and international researchers, the event explored the complexity of contemporary challenges in architecture, focusing on sustainability, digital innovation and pedagogy. Over two days, participants reflected on the role of mathematics in architectural design, the impact of artificial intelligence, the integration of photovoltaic systems and the importance of ceramics and tiles as an aesthetic and identity expression. The articulation between theory and practice, tradition and innovation, was visible in the multiple presentations, workshops, and exhibitions that revealed an interdisciplinary, sensitive, and critical architectural thinking. This article aims to summarise the main contributions presented, reflecting on the relevance of the seminar as a driver of pedagogical, scientific, and professional transformation in the field of contemporary architecture.

Keywords: Architecture | Applied mathematics | Ceramic design | Tiles | Parametric design | Geometry | Creativity | Sustainability | Geometric patterns | Technology and arts.



Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

Original Texto submetido à plataforma de deteção de similaridade e plágio ORIGINAL.

Os textos que constituem esta obra seguem, por decisão dos respetivos autores, a antiga ou a atual grafia.

O conteúdo desta obra é da exclusiva responsabilidade dos seus autores e não vincula a Fundação Minerva | Universidade Lusíada.

Nos dias 23 e 24 de novembro de 2023, realizou-se na Universidade Lusíada, em Lisboa, o 6.º Seminário Internacional de Arquitetura e Matemática – As Fórmulas na Arquitetura, promovido pelo CITAD.

O evento, que decorre desde 2013, destacou a profunda relação entre arquitetura e matemática, com foco especial na geometria, na criação espacial e na influência da tecnologia.

Organizado pelas investigadoras Fátima Silva e Elsa Negas, com financiamento da FCT, o seminário reuniu investigadores de várias nacionalidades. A 6ª edição centrou-se na interligação entre matemática, arquitetura e tecnologia na construção de um ambiente mais sustentável.

Os keynote speakers abordaram temas atuais como inteligência artificial (Jan Cudzik), representação arquitetónica (Arta Basha Jakupi), energia fotovoltaica (Melik Yakut) e o papel das novas tecnologias no ensino e prática da arquitetura (José Nuno Beirão).

A sustentabilidade foi transversal às intervenções, reforçando a importância da matemática e tecnologia na eficiência energética e gestão de recursos. O seminário incluiu ainda uma exposição de azulejos e uma visita ao premiado Museu Nacional do Azulejo. O evento reforçou a interdisciplinaridade como motor de inovação arquitetónica e de intervenção social.

¹ Arquitecta, com doutoramento em Desenho Urbano pela Universidade de Sevilha, é Professora da Faculdade de Arquitetura e Artes da Universidade Lusíada de Lisboa. É investigadora do CITAD, onde coordena a Linha de Investigação 'A Cidade e a Paisagem na Contemporaneidade' e os Projetos de Investigação EsTejo e LLAB21. Organizadora dos seminários de Arquitetura e Matemática – As Fórmulas na Arquitetura.

² Elsa Negas é docente universitária desde 1993, com atividade consolidada nas áreas da Matemática, Estatística e Investigação Operacional. É mestre em Investigação Operacional pela Universidade de Lisboa e desenvolve investigação de carácter interdisciplinar, com enfoque no apoio à decisão, na matemática aplicada à gestão e na articulação entre matemática, território e sustentabilidade. É investigadora integrada no CITAD – Centro de Investigação em Território, Arquitetura e Design. Participa em comissões científicas e organizadoras de conferências nacionais e internacionais, destacando-se a sua integração na organização do 7.º e do 11.º International Conference on CSR, Sustainability, Ethics and Governance, bem como a sua participação continuada na comissão científica do ICMarkTech, em diferentes edições. A sua investigação recente incide sobre equidade territorial, infraestruturas, sustentabilidade e cidades inteligentes, tendo apresentado e publicado trabalhos científicos em conferências internacionais de referência nestes domínios. É autora de diversos arti-

gos científicos e coautora do livro Estatística Descritiva – Explicação Teórica, Casos de Aplicação e Exercícios Resolvidos, em colaboração com a Professora Doutora Adelaide Carreira. Mantém uma participação ativa na formação pedagógica no ensino superior, com particular destaque para os Seminários de Prática Pedagógica da Universidade Aberta.

³ Arquitecto pela Faculdade de Arquitetura da Universidade Técnica de Lisboa (1993), Mestre em Teoria de Arquitetura pela Universidade Lusíada (2002), pós-graduado em Gestão pelo Indeg-Iscte (MBA Intensive Program 2008). Na sua actividade académica, foi monitor na Faculdade de Arquitetura da Universidade Técnica de Lisboa, Assistente na Faculdade de Arquitetura e Artes da Universidade Lusíada e Professor Convidado na Facoltà di Ingegneria della Università Degli Studi di Trento. É regularmente professor e crítico convidado em universidades estrangeiras, incluindo Università luav di Venezia, ETH Zurich, TUM Die Technische Universität Munchen e Auburn University School of Architecture, Planning and Landscape Architecture, em matérias centradas na convergência entre arquitetura, espaço público, sistemas urbanos e paisagem. Na sua actividade profissional tem integrado equipas responsáveis pela elaboração de estudos e projectos de desenho urbano, espaço público, arquitetura, paisagem e desenvolvimento territorial. Investiga e actua em desenvolvimento de territórios em Portugal e no estrangeiro.

Alberto Reaes Pinto, Marlene Canudo Urbano e Carlos Oliveira Augusto apresentam uma investigação centrada na construção sustentável e circular, com foco em elementos construtivos aplicáveis a paredes exteriores de edifícios. A proposta destaca a utilização de compósitos à base de micélio de fungos e resíduos diversos como material de enchimento, integrando práticas de reutilização e reciclagem. Os autores sublinham a importância do projeto de desconstrução e desmantelamento seletivo, visando a recuperação de materiais ao final do ciclo de vida do edifício: “[...] no sentido de, no fim do seu ciclo de vida, se possam reutilizar os materiais que o constituem, mas também reciclá-los, dando origem a novos materiais não extratíveis que possam ser usados noutra edifício” (Reaes Pinto, 2018).

O estudo inclui o caso da “Habitação Modular Evolutiva” (HME), concebida para regiões de baixa densidade, onde se aplica a pré-fabricação leve e parcialmente mecanizada. Esta abordagem permite reduzir o tempo de construção, os resíduos e os custos. A investigação explora ainda a biotecnologia fúngica para transformar resíduos em novos materiais sustentáveis. A HME aposta em materiais renováveis, locais e com baixa pegada ecológica, contribuindo para a mitigação das alterações climáticas através do sequestro de carbono.

O seminário abordou a didática e as novas formas de ensino e transmissão de conhecimento, destacando a sua importância no desenvolvimento de novos saberes. O Professor José Nuno Beirão iniciou a sua exposição com a definição de Antropoceno, enfatizando a necessidade urgente de mudar hábitos de consumo e modos de vida nas cidades, impulsionando uma revolução social para enfrentar as alterações climáticas. No artigo *Architecture and Computing in the Digital Anthropocene – Architectural Education and Professional Outputs*, a didática é apresentada como elemento transformador. A grande questão proposta é: como ensinar arquitetura para transformar o futuro? Os desafios do Antropoceno exigem uma abordagem transdisciplinar e flexível. A investigação evidencia que, enquanto o ensino básico tem integrado tecnologias de informação e comunicação, os currículos dos níveis secundário e superior permanecem conservadores. O estudo concentra-se nas escolas e institutos de arquitetura e planeamento, defendendo que a educação deve promover um ambiente construído sustentável. A reflexão sublinha que os currículos atuais priorizam a execução de tarefas específicas em detrimento do estímulo à criatividade, comprometendo a preparação para os futuros empregos, que exigirão cada vez mais competências criativas.

O Professor Arquiteto Melik Ziya Yakut dedica a sua investigação à sustentabilidade dos edifícios através da integração de sistemas fotovoltaicos, desenvolvendo soluções inovadoras e superando diversas restrições técnicas. No artigo apresentado, propõe princípios de design inovadores que orientam a triagem e seleção de materiais, reconhecendo a complexidade de equilibrar as suas características para uma integração fotovoltaica ideal. O autor destaca que estes desafios técnicos reforçam a necessidade de esforços de investigação aprofundados para refinar os princípios de design. Melik Ziya Yakut apresenta o software *Building Integrated Photovoltaics (BIPV)*, que possibilita a geração de eletricidade renovável diretamente no ambiente construído, substituindo materiais tradicionais como telhas e integrando-se em telhados, fachadas e componentes transparentes. A integração fotovoltaica oferece

inúmeras vantagens: redução significativa de emissões de gases com efeito de estufa, maior independência energética, diminuição de custos a longo prazo e impulsionamento das energias renováveis. Contudo, a inovação no design dos edifícios é essencial, envolvendo a otimização do desempenho energético, o armazenamento de energia, a interação com a rede e a monitorização contínua da eficácia do sistema. Visando a redução da pegada ambiental, o software BIPV revela-se uma ferramenta estruturante, promovendo edifícios mais eficientes, inteligentes e sustentáveis.

A inovação no ensino da arquitetura exige novas abordagens pedagógicas que integrem criatividade, tecnologia e história. Rúben de Matos, Luís Moreira Pinto e Ana Fidalgo propõem uma metodologia inovadora que explora a identidade e a memória urbana através da utilização de jogos como ferramenta educativa. O estudo demonstra que a aplicação de jogos favorece o reconhecimento dos estilos arquitetónicos e reforça a ligação emocional aos espaços públicos, preparando as novas gerações para uma prática arquitetónica mais consciente, crítica e integrada no meio urbano. A metodologia articula elementos como a luz, a geometria, as formas, as cores e as proporções, oferecendo uma visão objetiva e holística da matematização da urbe. No artigo *GAME AS A STUDY METHODOLOGY: architectural proportions in the city*, os autores desenvolvem a metodologia de estudo de caso através da realização de três workshops — *As Formas e Volumes da Cidade*, *Mergulhar na História e Cultura e Perspetivas Artísticas da Cidade* —, envolvendo 185 participantes (110 crianças e 75 adultos). Esta iniciativa revelou-se uma oportunidade singular para redefinir a relação de proximidade com a cidade, explorando múltiplas dimensões da vida urbana. Na sua essência, os workshops aprofundaram o sentimento de pertença, estimulando a identidade e a memória local de forma dinâmica e inovadora.

Ana Fidalgo, Luís Moreira Pinto e Rúben de Matos reforçam a importância central da didática e da matemática no ensino da arquitetura, sublinhando que o conhecimento teórico e a sua aplicação prática são fundamentais tanto para a compreensão dos espaços já construídos como para a criação de novos ambientes pelos futuros arquitetos. Domínios como a proporção áurea, o cálculo e a interpretação de escalas, bem como a sucessão de Fibonacci, constituem bases essenciais para uma formação sólida. O Modulor de Le Corbusier, baseado na proporção áurea, é particularmente destacado pela sua valorização do corpo humano como referência para o design e para a configuração espacial.

No artigo *Trazendo a Matemática para a Arquitetura: Impacto do Modulor de Le Corbusier e da Proporção Áurea de Da Vinci na Expressão Espacial*, os autores apresentam a escala de proporções humanas de Le Corbusier e descrevem uma dinâmica pedagógica que integra o estudo da sucessão de Fibonacci e o cálculo de progressões aritméticas e geométricas de razão áurea. Esta abordagem didática revela-se essencial para a compreensão crítica da relação entre as dimensões do corpo humano e os espaços arquitetónicos.

Na arquitetura, coexistem o objetivo e o subjetivo. A beleza é uma realidade mensurável ou uma percepção individual? A interpretação dos espaços depende do observador, mas fatores como fórmulas matemáticas e algoritmos conferem uma base objetiva que estrutura e enriquece a criação arquitetónica.

A arquitetura contemporânea exige uma reflexão profunda sobre a integração entre estética, ciência e educação. Luís Moreira Pinto, Ana Fidalgo, Ruben de Matos, Joaquim Marcelino e António Campinos Poças, a partir de perspetivas distintas, convergem na importância de unir racionalidade e sensibilidade no pensamento arquitetónico. Luís Moreira Pinto, Ana Fidalgo, Ruben de Matos, exploram a harmonia cromática e geométrica como elementos fundamentais para revitalizar os espaços urbanos e reaproximar as pessoas da cidade. Joaquim Marcelino reflete sobre a presença da matemática na arquitetura, questionando a dualidade entre objetividade e subjetividade na criação espacial. António Campinos Poças, por sua vez, propõe a matematização da avaliação arquitetónica, desenvolvendo fórmulas que transformam a percepção subjetiva em análise objetiva. Em conjunto, estes três contributos revelam como a arquitetura pode — e deve — ser pensada de forma interdisciplinar, equilibrando a arte, a ciência e a experiência humana.

Luís Moreira Pinto, Ana Fidalgo, Ruben de Matos apresentam uma reflexão profunda sobre a importância das combinações cromáticas e da harmonia geométrica na arquitetura contemporânea. No artigo *Chromatic and Geometric Harmony in Architecture – A Contemporary Perception*, o autor explora como a escolha de cores influencia a experiência dos espaços construídos, considerando a fonte de luz, o material, a forma dos objetos e até o contexto envolvente. Defende que a seleção cromática pode refletir fatores culturais, geográficos e preocupações de sustentabilidade. A harmonia geométrica, por sua vez, é trabalhada tanto no próprio edifício, através de simetrias e proporções, como na sua relação com a envolvente natural ou urbana. No artigo é realçada a importância da didática no ensino da arquitetura, defendendo metodologias que incentivem os alunos a revitalizar os centros urbanos, trazendo as pessoas de volta às ruas. Para tal, propõe oficinas práticas que promovam novos encontros estéticos, transformando espaços urbanos em pontos de encontro e dinamismo cultural. A abordagem didática e sensível ao contexto urbano apresentada é um contributo importante para a formação de arquitetos mais conscientes da interação entre estética, funcionalidade e vivência social, destacando o papel da arquitetura na requalificação e humanização dos espaços públicos.

No artigo *Meanings and Making Sense of Things*, Joaquim Marcelino reflete sobre o papel da matemática na arquitetura, abordando a sua ligação simultânea à ciência e à arte. O autor explora a dualidade entre objetividade e subjetividade, reconhecendo que, embora fórmulas matemáticas e algoritmos possam estruturar a criação arquitetónica, a essência de um edifício transcende a matemática pura, afirmando-se como expressão humana. O autor argumenta que a beleza arquitetónica, embora relacionada a proporções matemáticas, não pode ser reduzida a fórmulas, sendo fortemente influenciada pela percepção individual. A análise estende-se à arquitetura contemporânea, onde algoritmos geram formas inovadoras sem necessariamente revelar as fórmulas subjacentes ao observador comum. Destaca-se a complexidade do papel do arquiteto enquanto intérprete e criador, capaz de unir racionalidade e subjetividade na conceção dos espaços. Joaquim Marcelino propõe que a estética arquitetónica se funda na capacidade de organizar subjetividades através de sistemas racionais, ilustrando como a matemática serve como ferramenta de estruturação sem anular a liberdade criativa. Em suma, oferece uma reflexão crítica sobre a interseção

entre lógica matemática e expressão artística, valorizando a arquitetura como um campo de experimentação entre a ordem racional e a vivência sensível.

No artigo *A Fórmula para Ganhar o The Pritzker Architecture Prize*, o Mestre Arquiteto Antônio Campinos Poças propõe uma investigação inovadora que visa transformar o subjetivo em objetivo na avaliação arquitetônica. O autor analisa criticamente os critérios de atribuição do Prêmio Pritzker, considerado o “Nobel da Arquitetura”, atribuído desde 1979. Percorrendo 2400 anos de história da arquitetura, identifica variáveis fundamentais associadas ao objeto construído e suas inter-relações lógicas. Esta análise histórica e metodológica culmina no desenvolvimento de uma nova fórmula matemática que permite quantificar, de forma inovadora, a avaliação da qualidade arquitetônica. Antônio Campinos Poças demonstra de forma exaustiva como essas variáveis se relacionam complexamente ao longo do tempo e entre diferentes autores, propondo a matematização de aspectos tradicionalmente considerados subjetivos, como a estética, a inovação e a relevância cultural. O trabalho destaca-se por apresentar uma metodologia rigorosa para quantificar a excelência arquitetônica, oferecendo uma nova perspectiva sobre os processos de reconhecimento crítico na arquitetura contemporânea. Assim, esta proposta abre novas possibilidades de análise científica na área da teoria da arquitetura, aproximando o julgamento crítico da precisão matemática sem perder de vista a riqueza intrínseca da criação arquitetônica.

No artigo *A Fórmula para Ganhar o The Pritzker Architecture Prize* – um processo de aproximação a um resultado irresolúvel como oportunidade para descobrir o interesse pelo estudo da Teoria de Arquitetura, Antônio Campinos Poças propõe uma abordagem original ao interligar teoria arquitetônica e linguagem matemática. Partindo da premissa de que a arquitetura pode ser analisada através de fórmulas como sínteses do raciocínio projetual, o autor percorre mais de dois mil anos de história da arquitetura, revisitando autores canônicos como Vitruvius, Alberti, Palladio, Boullée, Le Corbusier, Wright, Giedion, entre muitos outros, para identificar e refinar as variáveis que historicamente compõem a avaliação de uma obra arquitetônica: *Firmitas*, *Utilitas* e *Venustas*, entre outras mais recentes como contexto, moral, ética, experiência sensorial e tempo.

Com uma linguagem rigorosa, o autor desenvolve uma equação que busca quantificar a qualidade arquitetônica de forma inovadora, associando simbolicamente variáveis tradicionais e contemporâneas do discurso arquitetônico. A fórmula proposta não pretende apenas resolver uma equação para vencer o Pritzker – considerando o “Nobel da Arquitetura” – mas sim despertar o interesse pelo pensamento crítico, histórico e filosófico que sustenta a criação arquitetônica. Trata-se de um exercício intelectual e pedagógico, onde o uso da linguagem matemática como forma de desenho e comunicação é explorado como ferramenta teórica e simbólica.

A originalidade da investigação reside na matematização de uma classificação que é, por tradição, profundamente subjetiva: a excelência estética, o valor cultural e a relevância simbólica da arquitetura. Ao fazê-lo, Antônio Campinos Poças oferece um contributo inovador para a teoria da arquitetura, propondo um método reflexivo e científico que reforça o papel da teoria na formação e na crítica arquitetônica contemporânea.

O seminário reuniu investigação e ensino, teoria e prática, arte e ciência, artesanato e indústria do barro e cerâmica no domínio da arquitetura, contribuindo para a inteligibilidade dos processos de conceção, produção e utilização de tijolos e azulejos.

O artigo, *Breve encontro com o barro e a cerâmica*, de Alice Diniz, apresenta uma reflexão sensível e fundamentada sobre a relação profunda entre o ser humano e a matéria cerâmica, desde os primeiros registos arqueológicos até à contemporaneidade. A autora percorre a história cultural, social e artística da cerâmica, salientando o seu valor como linguagem universal e veículo de expressão identitária e coletiva. Explora a plasticidade do barro como elemento transformador e relacional, destacando o seu papel como meio de auto-conhecimento, representação do mundo e conexão com o território. O texto também enfatiza a importância da escultura cerâmica na arte pública moderna. Num gesto poético e epistemológico, a autora aproxima o manuseio do barro à construção simbólica da existência, sugerindo que ele é simultaneamente espelho e extensão do corpo humano. Num breve encontro com o barro e a cerâmica, Alice Diniz apresentou-nos o âmbito relacional entre matéria e autor, por via do manuseamento do barro – o Caminho do Barro, como matéria-processo original, simultaneamente de construção de identidade e de afirmação da identidade na relação com a Terra e com o Mundo. Esta abordagem destaca-se pela originalidade ao atribuir voz e agência à matéria, propondo uma leitura ética, estética e poética da cerâmica como linguagem contemporânea e ancestral.

O artigo *Serâmico – Jogos, Formas e Misturas* apresenta uma reflexão poética e filosófica sobre a prática artística e arquitetónica dos Espacialistas, um coletivo que desenvolve uma obra profundamente enraizada na materialidade cerâmica e na performatividade do gesto. Explorando a cerâmica como metáfora do ser, da memória e da criação, o texto conduz o leitor por um percurso conceptual onde barro, azulejo e tijolo, ganham voz e presença simbólica. Através da prática artesanal e do fabrico manual, Os Espacialistas constroem narrativas espaciais em que o corpo humano é simultaneamente sujeito, ferramenta e espaço, numa constante transformação ontológica. Num *Serâmico*, Os Espacialistas apresentaram-nos o gesto como expressão poética de forma de vida e o corpo como elemento de construção e qualificação do espaço, por via da Poética da Mistura de matérias, autores e processos, propondo uma metodologia de base associativa, em que cada pergunta constitui o princípio genético, figurado e linear, de uma resposta. Projetos como *Tijolo Burro*, apresentados no MAAT, evidenciam a abordagem lúdica e crítica dos Espacialistas, que veem no jogo, no erro e na repetição um método para experimentar formas, construir significados e projetar espaços. Esta prática híbrida entre arte e arquitetura emerge como um exercício de escuta e transformação da matéria, onde cada peça – seja azulejo, tijolo ou palavra – é um gesto de habitar o mundo.

O artigo *Congruências dos Poliedros Platónicos*, da autoria de Luísa Paiva, apresenta uma abordagem pedagógica rigorosa sobre os cinco sólidos regulares — tetraedro, hexaedro, octaedro, dodecaedro e icosaedro — no contexto do ensino da Geometria nos cursos de Arquitetura e Design. Através de uma metodologia dividida em exercícios práticos de representação e de composição formal, é explorada a estrutura, as simetrias e relações numéricas entre vértices, faces e arestas desses

sólidos. O estudo ressalta a importância histórica e formativa dos poliedros platônicos, realçando o seu papel enquanto fundamentos universais da geometria e da construção do pensamento espacial. Destaca-se, ainda, a análise das relações entre sólidos duais, como o par hexaedro/octaedro ou dodecaedro/icosaedro, além do auto-dualismo do tetraedro, enriquecendo a compreensão das interligações formais no espaço tridimensional. Com as Congruências dos poliedros platônicos, Luísa Paiva apresentou-nos uma chave-de-leitura da relação entre simetrias, relações numéricas e proporções, por via da exposição de um processo de decomposição em partes elementares e combinação em corpos, contribuindo para o entendimento da relação entre desenho, forma e espaço. Assim, o artigo evidencia como a geometria dos sólidos platônicos permanece uma ferramenta fundamental e atual no ensino do projeto arquitetónico e do design, articulando matemática, criatividade e expressão formal.

A arquitetura foi analisada sob diferentes perspetivas conceptuais e operativas: o potencial transformador do design computacional aliado à inteligência artificial (Jan Cudzik), a exploração crítica e histórica da tríade beleza, identidade e vaidade na arquitetura (Mário Chaves), e o papel do azulejo como elemento dinâmico e expressivo na construção do espaço urbano contemporâneo (Catarina e Rita Almada Negreiros). Apesar das suas especificidades temáticas, os três textos convergem na valorização da arquitetura como campo de expressão cultural, simbólica e tecnológica. Pretende-se assim refletir como a tradição, a inovação e a estética são reconfiguradas na prática e na teoria arquitetónica contemporânea.

O artigo de Jan Cudzik apresenta uma análise abrangente da integração entre design computacional e inteligência artificial (IA) na arquitetura contemporânea. Enfatizando uma mudança paradigmática, o autor explora metodologias como o design paramétrico, generativo e algorítmico, sublinhando como estas ferramentas potenciam a criatividade, otimizam processos e ampliam a complexidade formal. O texto percorre a transição da prática arquitetónica tradicional para um novo modelo digital, onde a modelação precisa e adaptativa viabiliza iterações rápidas, reduz erros construtivos e permite maior eficácia na gestão de materiais e tempo. O papel da IA é especialmente destacado pela sua capacidade de gerar soluções autónomas para problemas complexos, como a otimização de layouts ou a criação de modelos energéticos mais sustentáveis. Além da componente técnica, o autor modela diferentes desafios realçando a necessidade de os arquitetos se adaptarem a um cenário em constante transformação. Ferramentas como o Grasshopper, Dynamo, ou plataformas como TestFit e OutlineAI, ilustram as aplicações práticas deste novo paradigma. Jan Cudzik argumenta que a IA não substitui o arquiteto, mas amplia o seu potencial criativo e estratégico. O artigo conclui apontando para um futuro onde a colaboração entre humano e máquina será fundamental, desde que se preserve a integridade crítica e ética da disciplina arquitetónica.

Mário Chaves apresenta uma reflexão densa e ensaística sobre a arquitetura enquanto expressão da civilização, centrando-se na tríade Venustas – beleza, identidade e vaidade – como essência simbólica e formal da prática arquitetónica. O autor inicia com uma evocação teológica e filosófica da criação, traçando uma genealogia do pensamento ocidental desde a Grécia Antiga até Roma, destacando a arquitetura como instrumento de consolidação ética e política da civilização. A beleza arquite-

tónica, para Mário Chaves, não é apenas estética, mas a própria origem da cidade e da ordem civilizacional. No Renascimento, com Vitruvius e os mestres clássicos, a Venustas é exaltada como culminar da maturidade cultural. Porém, a modernidade, marcada pela «Idade da Força», transforma a arquitetura em produto da lógica industrial e energética, cujo símbolo maior é o arranha-céus — expressão de poder, progresso e vaidade. Esta verticalidade, segundo o autor, reflete uma sociedade regida pelo consumo, pela eficiência e pelo distanciamento da natureza. Apesar das promessas tecnológicas, Mário Chaves defende que apenas a beleza poderá resgatar a arquitetura do seu automatismo funcional. Ao projetar um futuro possível, propõe uma nova «idade da sabedoria», onde a arquitetura voltará a ser linguagem poética e redentora, capaz de equilibrar progresso com humanidade. Uma crítica simultaneamente nostálgica e visionária, que reafirma a arquitetura como arte maior da civilização.

O artigo *Rethinking Tile*, da dupla CAN RAN Architectura (Catarina e Rita Almada Negreiros), explora o potencial do azulejo como elemento arquitetónico e poético no espaço público urbano contemporâneo. Através de quatro projetos emblemáticos desenvolvidos em Lisboa – Cota Zero, Vai Vem, Avenida da Índia e 5PM – as autoras demonstram como a cerâmica pode transcender o seu papel decorativo, tornando-se um meio expressivo, interativo e contextual. Em *Rethinking Tile*, Catarina e Rita Almada Negreiros apresentaram-nos o azulejo enquanto elemento determinante na construção de espaços e atmosferas, através de quatro casos de estudo que se podem constituir como síntese de um exercício de errância, entropia e ordenações de carácter artístico-inventivo como possibilidade de expressão do prazer de existir no Mundo. As intervenções conjugam tradição e inovação, recuperando padrões históricos, manipulando cromaticamente superfícies e reinterpretando técnicas artesanais em composições cinéticas e sensoriais. Cada projeto revela uma preocupação com a relação entre espaço, corpo e movimento, valorizando a experiência do observador e a mutação da percepção conforme a luz ou o deslocamento no espaço. No caso da Cota Zero, por exemplo, o azulejo funde-se com a arquitetura de um interface de transportes, criando um ambiente fluido e aquático; já em Vai Vem, a ilusão ótica e o movimento gerado pelo observador ativam a obra, tornando-a sinalética e dinâmica. As arquitetas reafirmam o azulejo como elemento de identidade urbana e património cultural, ao mesmo tempo que o atualizam através de soluções contemporâneas. A cerâmica, como linguagem material e simbólica, é aqui redescoberta como superfície de mediação entre história, função e emoção no espaço arquitetónico.

A produção do azulejo, tradicionalmente associada a formatos 10x10, 14x14 ou 15x15 cm, remete a uma longa história de aplicação decorativa e funcional na arquitetura. Ao longo dos séculos, o estudo e desenvolvimento de padrões geométricos evidenciou a interseção entre arte, técnica e pensamento matemático. Hoje, com o advento de novos formatos e tecnologias, o azulejo amplia as suas possibilidades formais e expressivas, contribuindo significativamente para a qualificação sensorial dos espaços. Esta evolução é refletida no contexto da exposição “O Azulejo na Arquitetura”, analisada no artigo *As Fórmulas na Arquitetura e o Exercício Criativo*, que integrou o 6.º Seminário Internacional sobre Arquitetura e Matemática. Através de workshops e concursos, estudantes da Faculdade de Arquitetura e Artes foram

desafiados a explorar padrões cerâmicos originais, recorrendo a princípios de álgebra linear e geometria aplicada, articulando conhecimento científico com prática artística. Além da componente conceptual, a iniciativa valorizou técnicas de produção artesanal e industrial, do molde à vidragem, enfatizando o caráter reciclável e sustentável do azulejo. A exposição destacou o azulejo como elemento que ultrapassa o mero revestimento, revelando-se como superfície de experimentação estética, histórica e tecnológica. Assim, a cerâmica arquitetónica afirma-se como meio de expressão criativa e reflexão crítica, aproximando tradição e inovação numa prática interligada entre corpo, espaço e material.

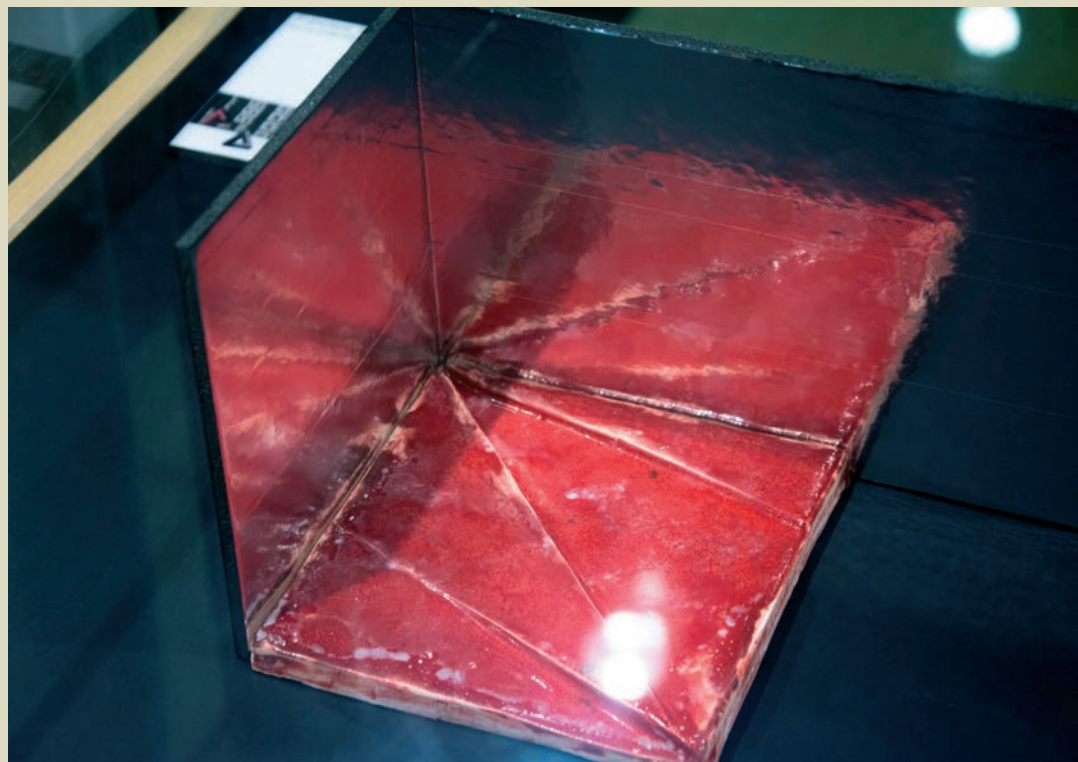
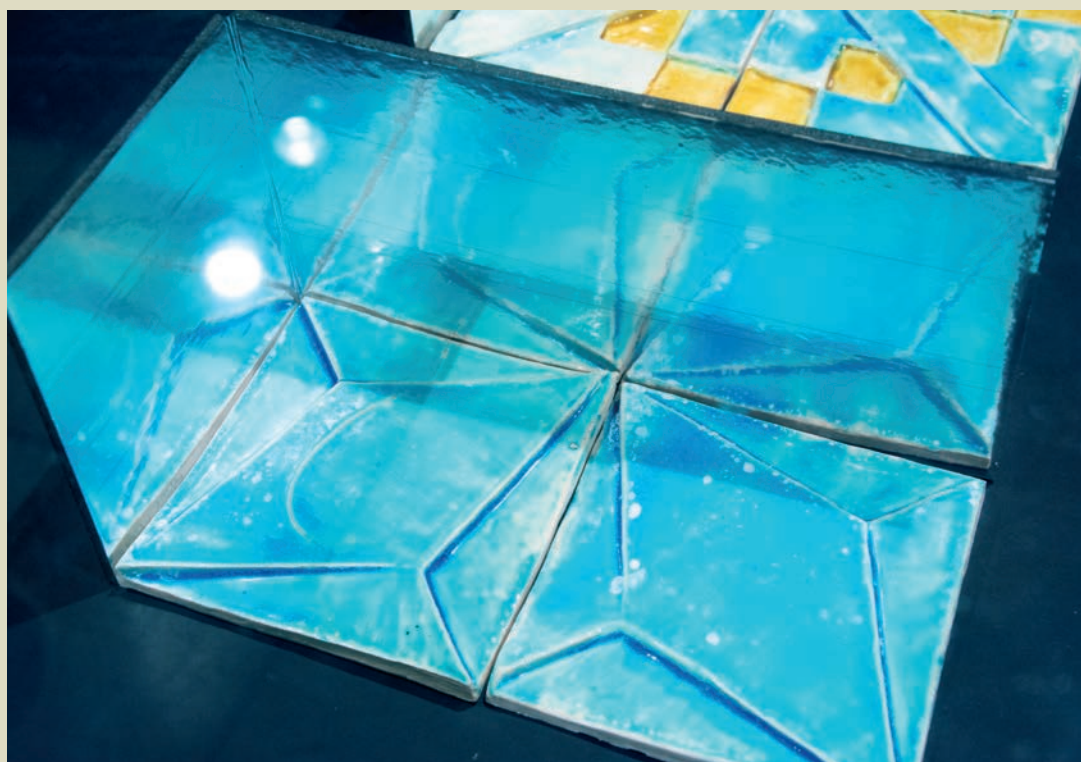
A origem e o objetivo central de *As Fórmulas na Arquitetura* é a articulação entre duas áreas do conhecimento, fomentando novas linhas de investigação e inovação. Esta 6.^a edição reforçou o papel da divulgação científica ao abordar temas emergentes, como a sustentabilidade, as energias renováveis e a reutilização de materiais na construção. Ficou clara a crescente importância das novas tecnologias, dos materiais inovadores e, sobretudo, da matemática como elemento estruturante. Reforça-se a necessidade de promover de forma contínua o uso de materiais renováveis e sistemas construtivos sustentáveis, fundamentais para a mitigação da concentração de CO₂ e para a construção de um futuro mais equilibrado e resiliente. A didática, presença constante nas reflexões, é entendida como um processo dinâmico, que exige atualização permanente. Antecipar o desenvolvimento da sociedade, das novas gerações e, atualmente, da tecnologia, é essencial para moldar práticas pedagógicas que acompanhem as transformações do mundo contemporâneo.

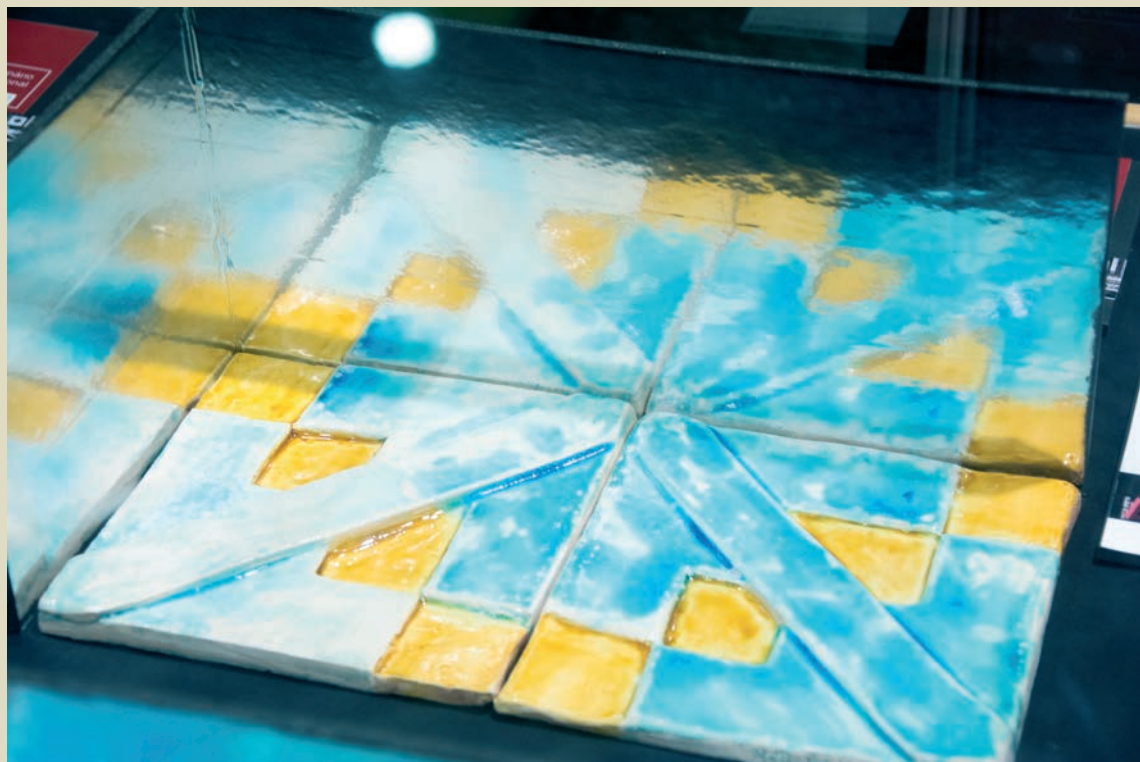
No âmbito das apresentações orais, Arta Basha Jakupi propôs compreender a representação arquitetónica como uma fórmula. Com a comunicação intitulada *Unveiling Architectural Representation within the Formulas in Architecture* apresenta uma sequência ordenada de métodos, convenções e símbolos utilizados intencionalmente para comunicar ideias e conceitos arquitetónicos. Enfatizou que estas representações não são meramente produtos visuais, mas sim construções complexas que revelam significados implícitos através da linguagem visual da arquitetura. Arta Basha Jakupi salientou o papel da representação como plataforma para visualizar, interpretar e transmitir o pensamento arquitetónico, reforçando a relevância da sua análise no contexto mais amplo das fórmulas aplicadas à arquitetura contemporânea. Esta abordagem contribuiu para aprofundar a discussão sobre os métodos e os conteúdos simbólicos que sustentam as práticas de conceção e comunicação no domínio arquitetónico.

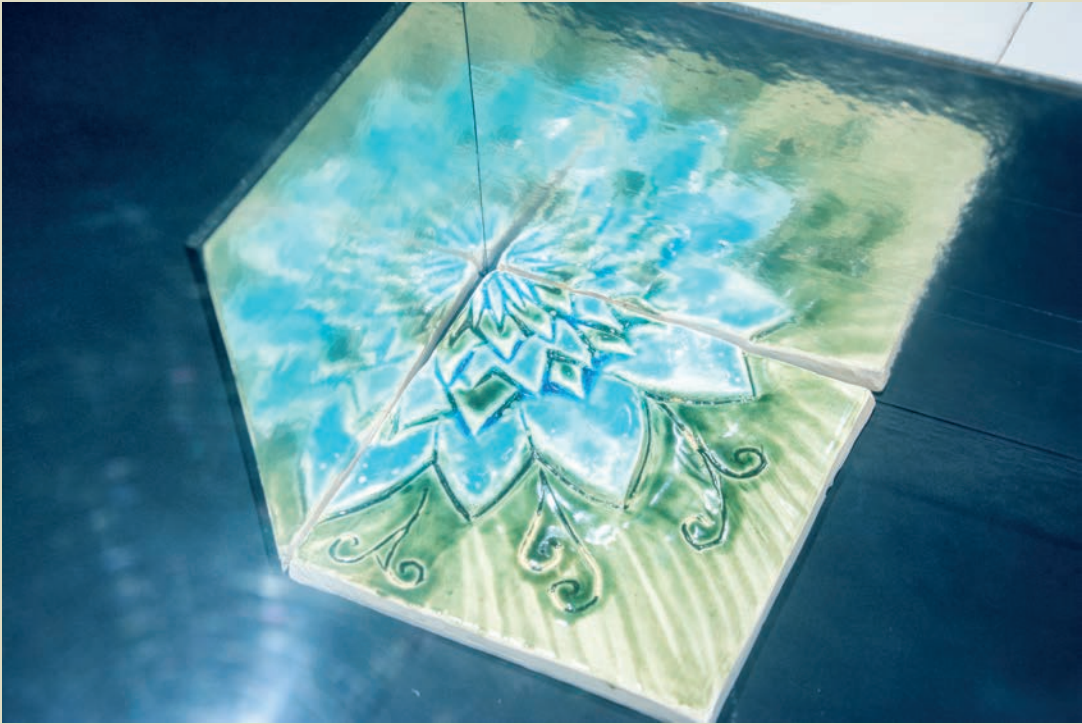
Conclusão

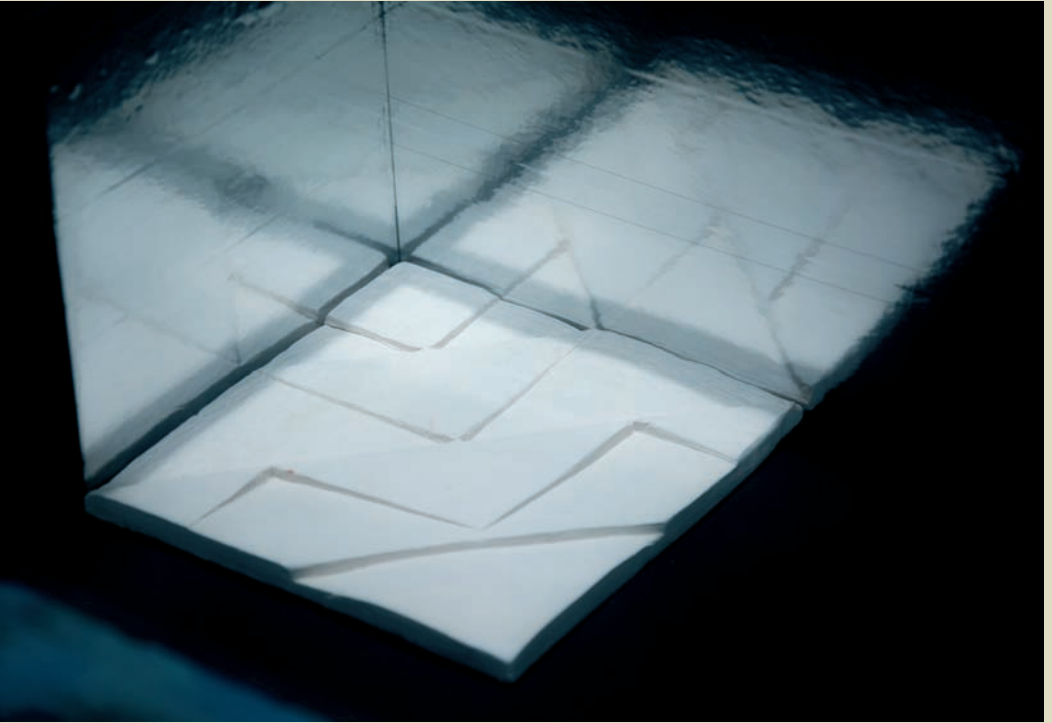
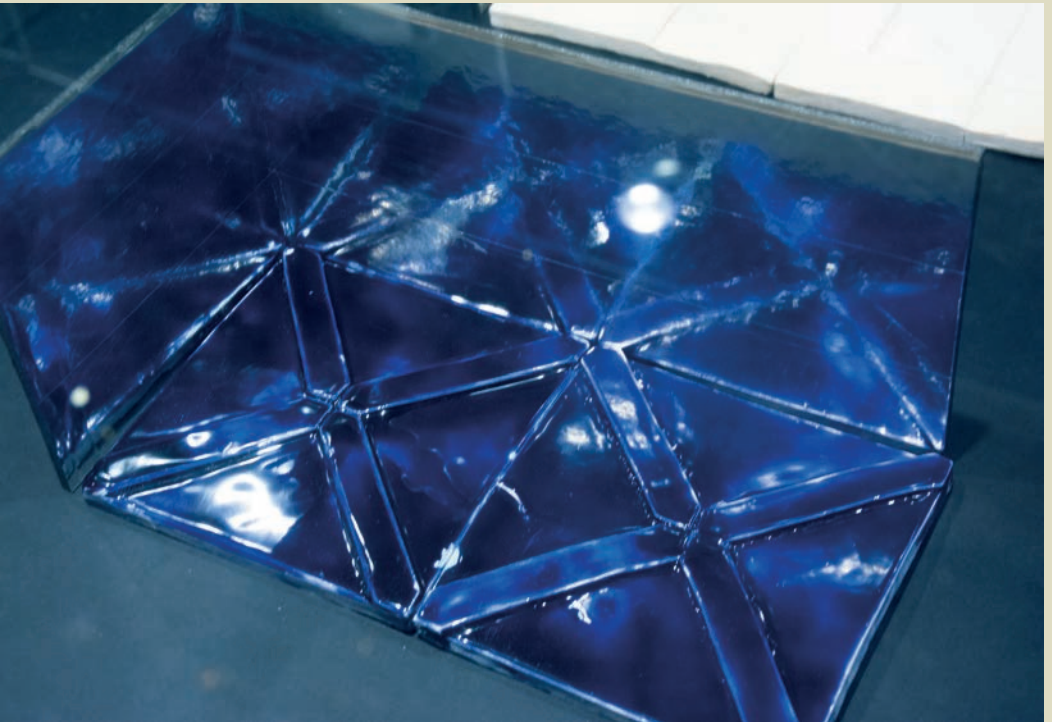
A 6.^a edição de *As Fórmulas na Arquitetura* destacou o potencial transformador da interdisciplinaridade no pensamento e na prática arquitetónica. Ao integrar contributos de diferentes áreas, entre as quais, arquitetura, matemática, cerâmica, inteligência artificial, biotecnologia e design computacional, o seminário reafirmou a necessidade urgente de soluções arquitetónicas que respondam aos desafios ambientais, sociais e tecnológicos do século XXI. Ficou evidente que a arquitetura contemporânea deve conjugar tradição e inovação, razão e sensibilidade, ciência e arte,

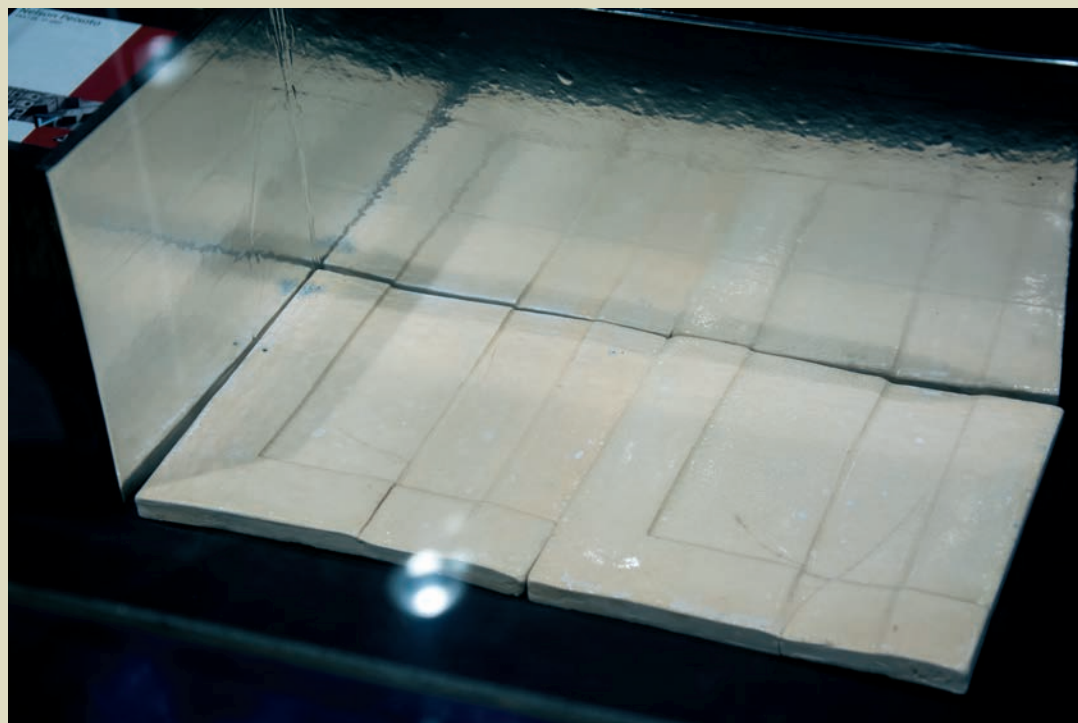
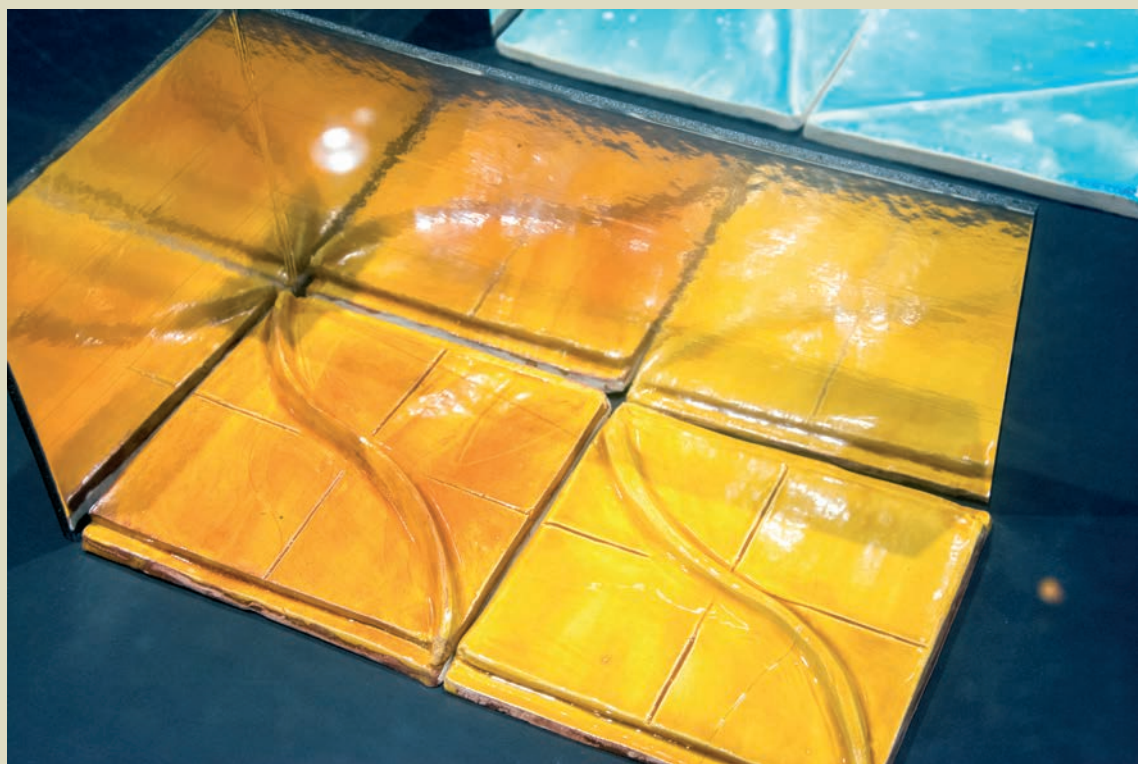
promovendo práticas sustentáveis e culturalmente significativas. A didática emergiu como eixo estruturante da transformação, evidenciando que formar arquitetos conscientes e criativos passa pela introdução de metodologias ativas, exploratórias e colaborativas. O seminário demonstrou, assim, que a arquitetura pode — e deve — ser um campo de convergência entre disciplinas, alicerçado em valores éticos, estéticos e tecnológicos, capazes de projetar um futuro mais equilibrado, inclusivo e resiliente.

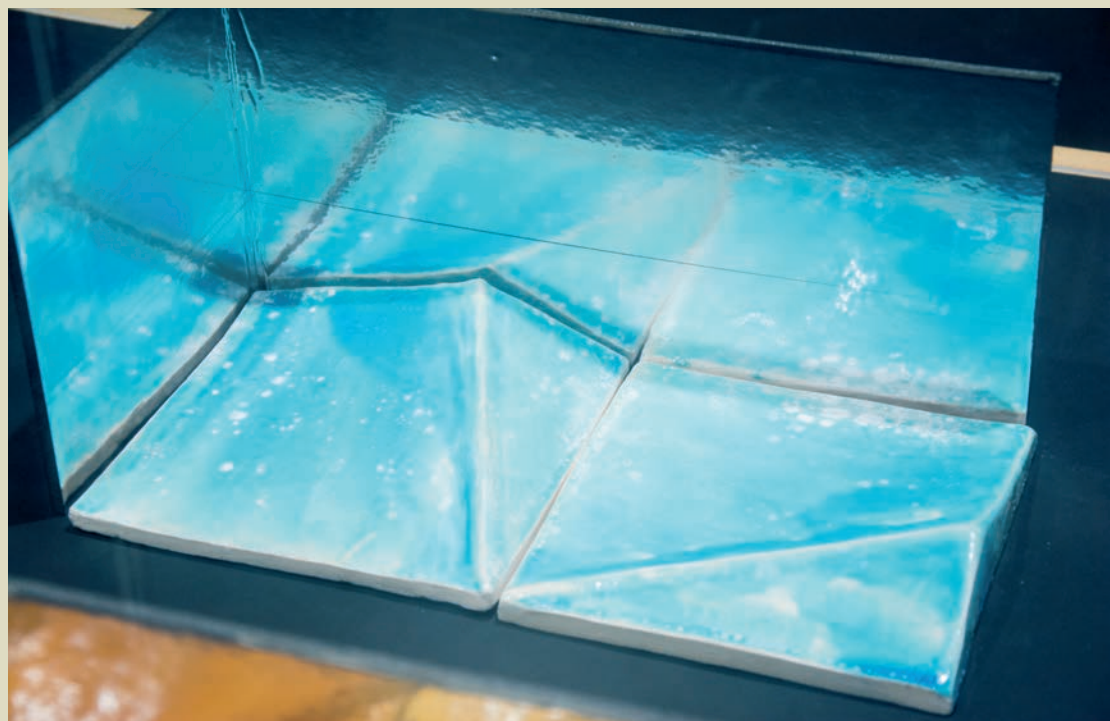
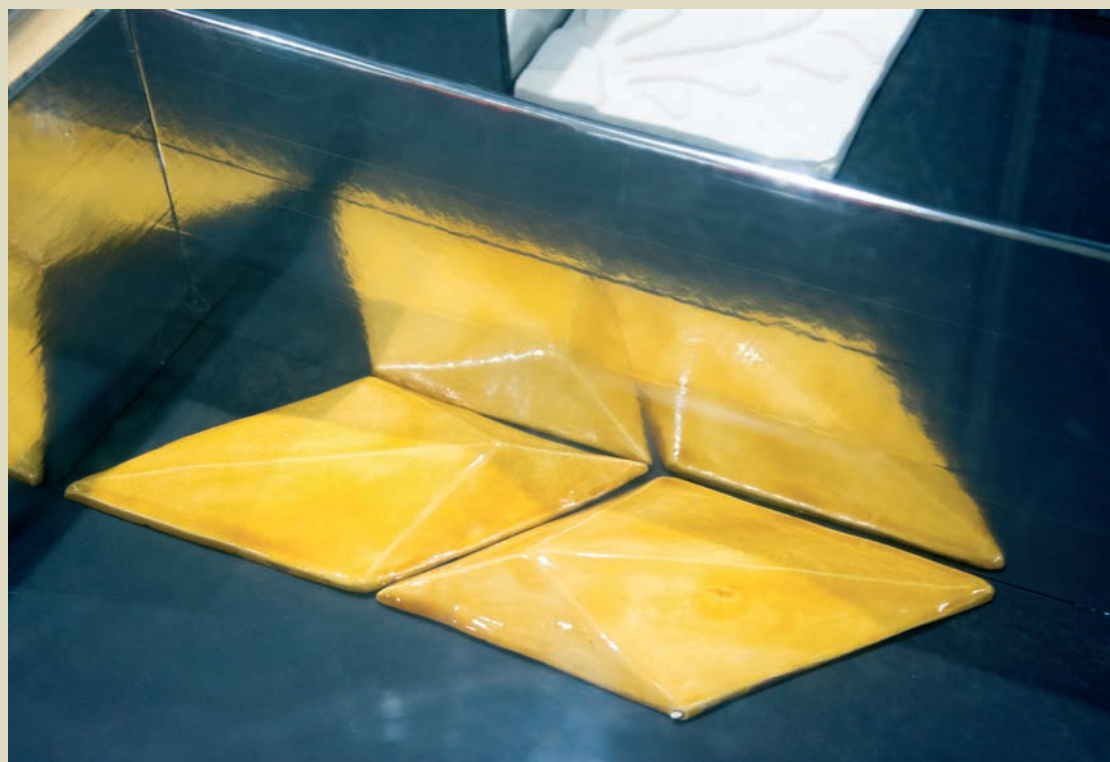




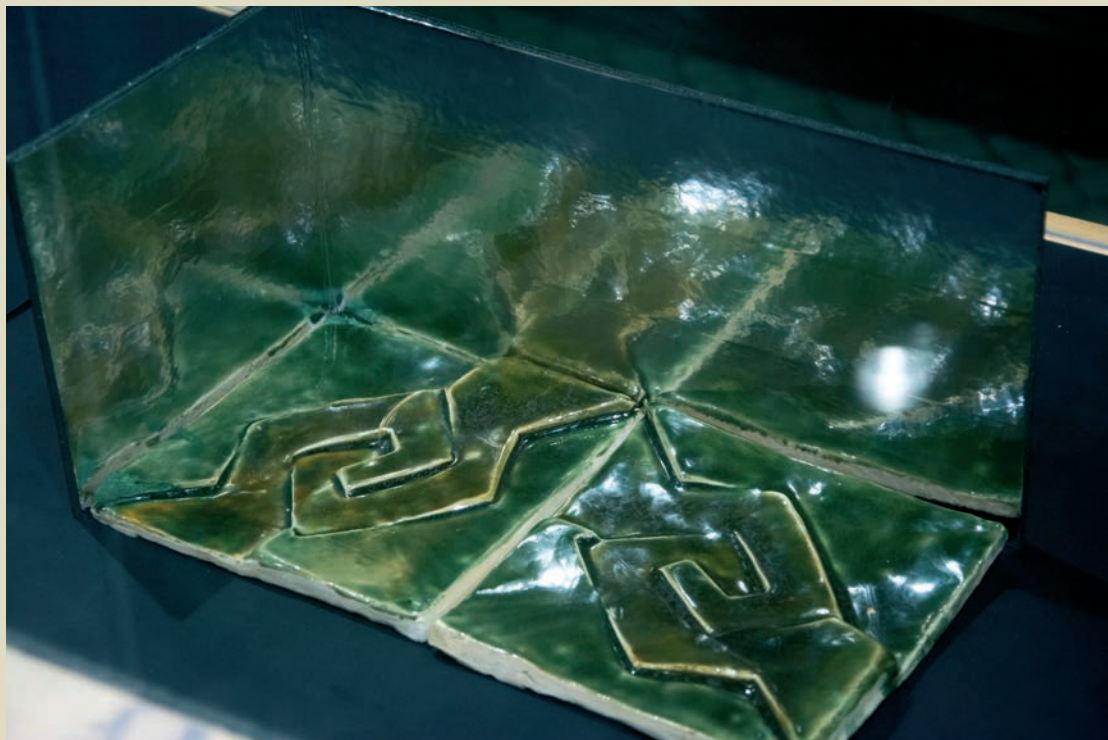
















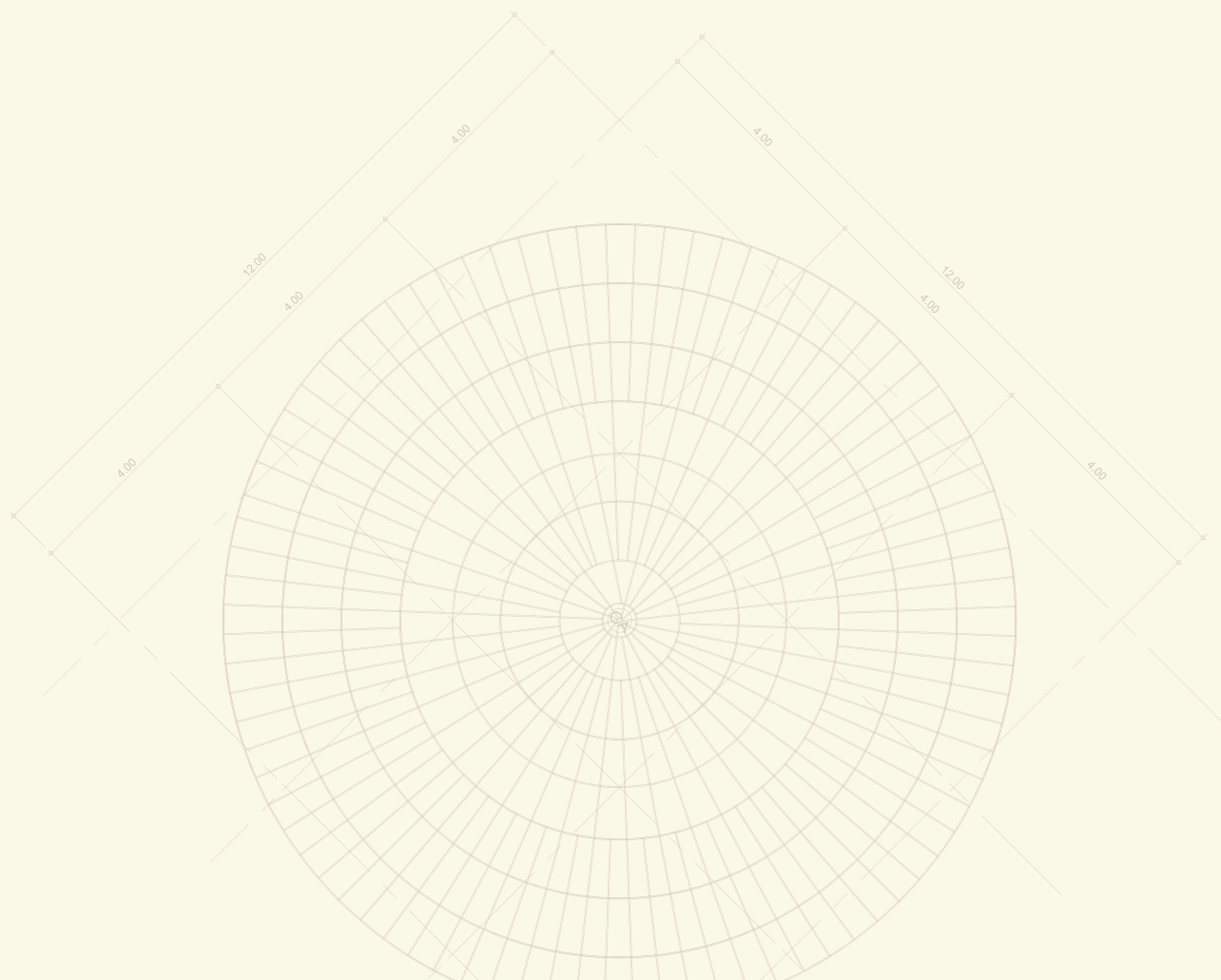


Universidade
lusíada
editora

Composto pela tipografia Myriad Pro
em Março de 2026



A Universidade Lusíada Editora
utiliza materiais de impressão ecológicos com papel certificados.



“Formulas in Architecture” is the name of the seminars on Architecture and Mathematics that CITAD – Research Center in Territory, Architecture and Design – has been organizing since 2014. The close **connection that has always existed between the disciplines of mathematics and of architecture**, often translated through geometry, is the fundamental fact that underlies the transformation of continuous infinite space into finite architectural space. Numbers, created by reason, have served, and continue to serve Man in his integration, development and the use of the natural environment that he has occupied to live there. The quantification of space and all that exists in it, is a way to make comprehensible and accessible on a human scale this once intangible world, opening up the possibility of dominance and transformation, in a dialectical action of constant adaptation. **The main purpose of these seminars is to explore the relationships between the disciplines of architecture and mathematics.** Knowing that the synergy between areas of knowledge can contribute to their mutual evolution, and to the creation of new ideas and a better capability for a balanced development of the world in which we live, intervene and transform.

“As fórmulas na Arquitetura” é o nome atribuído a uma série de seminários organizados desde 2014 pelo CITAD – Centro de Investigação em Território, Arquitetura e Design – **que explora as interseções entre Arquitetura e Matemática.** A conexão profunda entre essas duas disciplinas, frequentemente mediada pela geometria, é o princípio central que sustenta a transformação do espaço. Os números, frutos da razão, sempre serviram e continuam a servir o ser humano na sua interação com o ambiente natural, ajudando-o a integrá-lo, desenvolvê-lo e utilizá-lo para viver. A quantificação do espaço e de tudo o que nele existe torna o mundo, outrora intangível, compreensível e acessível à escala humana. Essa medição abre caminho para o domínio e a transformação do ambiente, num processo de adaptação permanente. **O principal objetivo dos seminários é explorar as relações entre a arquitetura e a matemática,** conscientes de que a sinergia entre diferentes áreas do conhecimento pode impulsionar a evolução mútua, fomentar novas ideias e contribuir para um desenvolvimento mais equilibrado do mundo que habitamos, transformamos e influenciamos.

