

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Arquitetura
Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio
Sustentável

Leonardo Geraldo De Oliveira Gomes

PROJETO PARA FUTURO PRÓXIMO: A representação da
complexidade de se projetar e suas relações com as tecnologias digitais

Belo Horizonte
2024

Leonardo Geraldo De Oliveira Gomes

PROJETO PARA FUTURO PRÓXIMO: A representação da complexidade de se projetar e suas relações com as tecnologias digitais

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação para obtenção do título de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito final para obtenção do título de Doutor.

Orientadora: Prof. Dra. Andréa Franco Pereira (UFMG)

Área de concentração: Tecnologia do Ambiente Construído.

Belo Horizonte

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

G633p

Gomes, Leonardo Geraldo de Oliveira.

Projeto para futuro próximo [recurso eletrônico] : a representação da complexidade de se projetar e suas relações com as tecnologias digitais / Leonardo Geraldo de Oliveira Gomes. - 2025.

1 recurso online (294 p. : il.).

Orientadora: Andréa Franco Pereira

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

1. Projeto arquitetônico - Teses. 2. Gestão de projetos - Teses. 3. Canteiro de obras - Teses. I. Pereira, Andréa Franco. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. III. Título.

CDD 729.0885



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AMBIENTE CONSTRUÍDO E PATRIMÔNIO SUSTENTÁVEL

ATA DE DEFESA DE TESE

ATA DA DEFESA DE TESE DO(A) ALUNO(A) **Leonardo Geraldo de Oliveira Gomes** nº de matrícula **2019712282** DO CURSO DE DOUTORADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE CONSTRUÍDO E PATRIMÔNIO SUSTENTÁVEL DA ESCOLA DE ARQUITETURA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. Aos doze dias do mês de dezembro do ano de dois mil e vinte e quatro, às quatorze horas e trinta minutos, por videoconferência, reuniu-se a Comissão Examinadora de Tese para julgar o trabalho "Projeto para futuro próximo: A representação da complexidade de se projetar e suas relações com as tecnologias digitais", requisito para a obtenção do grau de Doutor(a) na área interdisciplinar de concentração em "Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável". Abrindo a sessão, o(a) orientador(a) professor(a) doutor(a) **Andréa Franco Pereira**, após expor as Normas Regulamentares do Trabalho Final, pediu para o(a) aluno(a) iniciar a apresentação do trabalho. Seguiu-se arguição pelos(as) examinadores(as), com a respectiva defesa do(a) candidato(a). Logo após a comissão reuniu-se, sem a presença do(a) candidato(a) e do público, para julgamento e expedição do seguinte resultado:

- Aprovação
- Aprovação com solicitação das revisões feitas pela banca
- Reprovação

O resultado final foi comunicado publicamente ao(à) candidato(a) pela Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, a Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ata, que será assinada pelas participantes da Comissão Examinadora.

Profa. Dra. Andréa Franco Pereira - Orientadora
Escola de Arquitetura/UFMG

Profa. Dra. Rejane Magiag Loura
Escola de Arquitetura/UFMG

Profa. Dra. Renata Maria Abrantes Baracho Porto
Escola de Arquitetura/UFMG

Prof. Dr. Adriano Aguiar Mol
Escola de Design - UEMG

Prof. Dr. André Leme Fleury
Universidade de São Paulo - USP

Belo Horizonte, 12 de dezembro de 2024.

Homologado pelo Colegiado do Programa dos cursos de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável:

Prof. Dr. Marco Antônio Penido de Rezende - "Ad Referendum"
Subcoordenador do PPG-ACPS

Assinatura dos membros da banca examinadora:



Documento assinado eletronicamente por **Adriano Aguiar Mol, Usuário Externo**, em 12/12/2024, às 18:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Andrea Franco Pereira, Professora do Magistério Superior**, em 12/12/2024, às 18:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Andre Leme Fleury, Usuário Externo**, em 13/12/2024, às 13:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rejane Magiag Loura, Professora do Magistério Superior**, em 13/12/2024, às 16:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marco Antonio Penido de Rezende, Professor do Magistério Superior**, em 27/12/2024, às 17:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Renata Maria Abrantes Baracho Porto, Professora do Magistério Superior**, em 30/12/2024, às 17:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3813752** e o código CRC **A94BCD35**.

À Maria Luiza Dias Viana, minha esposa e
minha mais importante referência, à Artur,
meu filho, minha maior alegria e melhor
amigo, à Vó Eni, minha mãe, por seu
exemplo de humanidade e amor que
sempre marcou e marca meus caminhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha orientadora Prof. Dra. Andrea Franco Pereira, pela inspiração, por despertar meu interesse pela pesquisa, pela ajuda, confiança e muita paciência.

Agradeço a Tia Maria de Marilac, Tia Ula, Dudú, Miguel e a todos os outros de minha família pelo eterno apoio e incentivo.

Agradeço a Vó Lulu e a todos da família pelo apoio e ajuda.

RESUMO

O objeto central deste estudo é a relação existente entre o projeto (ato de projetar) e a Tecnologia Digital (TD) disponível, buscando-se desenvolver uma análise crítica e criteriosa sobre as transformações provocadas pelo desenvolvimento, disponibilização e uso de tais tecnologias. A pesquisa parte da percepção das mudanças comportamentais causadas pelas tecnologias digitais na sociedade em relação ao crescimento da dependência de uso das máquinas informacionais e de suas interfaces em todas as ações contemporâneas. Contudo, sob um olhar interdisciplinar, analisa-se os processos de projetos, como possível linguagem de entendimento e controle, abordando a complexidade sistêmica das estruturas de desenvolvimento atual dessas tecnologias digitais, de forma a se obter uma compreensão e otimização dos processos de projeto frente aos fenômenos de assimetria nas tomadas de decisão sobre o uso dos sistemas digitais de auxílio e pela necessidade de se lidar com processos de não-coisas, de não-lugares e de não-pessoas (oriundas das construções generativas dos emergentes processos de inteligência artificial). Foi desenvolvida uma proposta para uma nova forma de se projetar, denominada Projeto para Futuro Próximo (PpFP), o qual se baseia na abordagem “imediate/localizada” dos problemas, na apropriação das tecnologias digitais disponíveis, no desenvolvimento colaborativo e nas soluções de aplicação imediata em curto espaço de tempo. Busca-se pela representação do atual cenário de projeto e pela instrumentalização dos atores das práticas projetuais. Tal desenvolvimento é feito a partir da estruturação da tipologia das TDs, da definição dos seus campos de atuação, das mudanças provocadas por seus usos e pelos novos alinhamentos conceituais, pela digitalização e vetorização dos processos de projetos. Para utilização do PpFP, foi desenvolvido um framework de representação da complexidade sistêmica, onde hoje se dão as práticas projetuais, para os atores de projetos da Arquitetura, Engenharia e Design.

Palavras-chave: Projeto; Tecnologia digital; Complexidade sistêmica; Projeto de futuro próximo; *Framework* de representação; Transdisciplinaridade.

ABSTRACT

The central object of this study is the relationship between the project (act of designing) and digital technology, seeking to develop a critical and careful analysis of the transformations caused by the development, availability and use of such technologies. The research is based on the perception of the behavioral changes caused by digital technologies in society, in relation to the growing dependence on the use of information machines and their interfaces in all contemporary actions. However, it analyzes project processes as a possible language of understanding and control, addressing the systemic complexity of the current development structures of these digital technologies and looking for available points of control and appropriation. This research aims to achieve an understanding and optimization of design processes, in the face of the phenomena of asymmetric decision-making (offered by digital aid systems) and the need to deal with processes of non-things, non-places and non-persons (arising from the generative constructions of emerging artificial intelligence processes). A construction proposal is developed for a new way of designing, called "Design for Near Future" (DfNF). This new design procedure is based on an "immediate/localized" approach to problems, the appropriation of available digital technologies, collaborative development and immediately applicable solutions in a short period of time. The goal is to represent the current design scenario and instrumentalize the players in design practices. This is done by structuring the typology of digital technologies defining their fields of action, the changes brought about by their use and the new conceptual alignments brought about by the digitization and vectorization of project development processes. In order to use the DfNF, a framework was developed to represent the systemic complexity in which design practices take place today, for the actors in Architecture, Engineering and Design projects.

Keywords: Project, Design; Digital technology; Systemic complexity; Near future design; Representation framework

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

1. Introdução

| | | |
|---|---|----|
| 1 | Ciências, Tecnologias e Projetos: estrutura inicial da análise | 22 |
| 2 | Estrutura em níveis do projeto com auxílio de tecnologia digital | 34 |
| 3 | Processos de redefinição dos espaços de atuação | 37 |
| 4 | As ideias teóricas, dimensões e proposições primárias da pesquisa | 39 |

2. Procedimento Metodológico

| | | |
|----|---|----|
| 5 | Representação do limite de atuação da pesquisa: as 5 Dimensões principais | 43 |
| 6 | Exemplo das Dimensões, Limites e Áreas de intercessão em sistema interdisciplinar | 43 |
| 7 | Representação dos limites da pesquisa | 44 |
| 8 | Metodologia, métodos e ferramentas | 46 |
| 9 | Diagrama com as etapas do procedimento Quivy-Campenhoud | 48 |
| 10 | Exemplo da proposta de exploração descrita | 50 |
| 11 | Estrutura das metodologias utilizadas na pesquisa | 59 |
| 12 | Mapa do modelo de análise da pesquisa | 61 |
| 13 | Diagrama da estrutura da tese | 65 |

3. A Evolução das Ciências e as relações com a tecnologia e os projetos

| | | |
|----|---|----|
| 14 | O contexto histórico sobre a Filosofia da Ciências que interessa ao estudo | 67 |
| 15 | Contextualização do pensamento sobre natureza da ciência e desenvolvimento científico no cenário de começo do Século XX | 75 |
| 16 | Contexto da discussão e pensamento filosófico sobre desenvolvimento científico | 81 |

4. Paradigmas, descobertas e invenções: a evolução das tecnologias

| | | |
|----|---|----|
| 17 | A revolução científica segundo Thomas Khun: exemplo do fluxo de mudança de paradigma | 90 |
| 18 | Representação do cenário de atuação da Ciência, a evolução e a revolução Científica | 91 |
| 19 | As anomalias no curso da ciência normal | 92 |
| 20 | A correção de Margareth Masterman para o paradigma de Khun: exemplo do fluxo para uma mudança de um paradigma | 94 |
| 21 | Mapa de relacionamentos dos paradigmas na ciência e na tecnologia | 95 |
| 22 | A transição da Ciência Normal devido às anomalias e suas conseqüentes invenções e descobertas solucionadoras de anomalias | 99 |

5. A Tecnologia e o desenvolvimento das Tecnologias Digitais

| | | |
|----|---|-----|
| 23 | A evolução das tecnologias, segundo: as Ferramentas de Postman, os Polos de Conhecimento de Levy e as Revoluções da Produção de Drexler | 107 |
| 24 | Ciclo de desenvolvimento da tecnologia baseado em revoluções de tecnologia | 110 |
| 25 | Diagrama de representação resumo do ciclo de desenvolvimento das tecnologias digitais | 110 |
| 26 | Representação resumo do ciclo de desenvolvimento das tecnologias digitais | 111 |
| 27 | Diagrama de representação das interdependências das TDs | 113 |
| 28 | Suplantação de tecnologias de acordo com Khun e Postman | 115 |
| 29 | As tecnologias digitais incorporam a características de interdependência em seu desenvolvimento | 115 |
| 30 | A evolução do desenvolvimento das tecnologias digitais | 116 |
| 31 | Exemplos de tecnologias digitais disponíveis para Arquitetura e Engenharias de Construções (caráter de integração de sistemas e dispositivos) | 118 |
| 32 | Exemplos de tecnologias digitais disponíveis para Engenharias e Design (caráter de integração de sistemas e dispositivos) | 119 |

6. A contemporaneidade das TDs: a abrangência sistêmica e a complexidade dos relacionamentos

| | | |
|----|---|-----|
| 33 | O cenário de mudanças de comportamento causado pelo desenvolvimento das TDs | 125 |
| 34 | Os pontos de mudanças de comportamento desde o começo do Século XX | 126 |
| 35 | Gráfico representando abstrações sobre as tendências de comportamento | 127 |
| 36 | Gráfico do Índice de Paz Positiva – Relatório PNUD-ONU 2021-2022 | 129 |
| 37 | Gráfico de alinhamento dos resultados da análise proposta para a tendência dos comportamentos com os resultados do Relatório PNUD-ONU 2021-2022 | 130 |
| 38 | Representação das dependências e interdependências na evolução das tecnologias digitais | 131 |
| 39 | As transformações conceituais para lugar, espaço e território relacionadas à virtualização | 139 |

7. A propriedade, disponibilização e transbordamento das tecnologias digitais atuais

| | | |
|----|--|-----|
| 40 | Estratégia de cooperação - Desenvolvimento e aplicação de tecnologia | 152 |
| 41 | O cenário contemporâneo de relações dos tipos de projetos de TDs | 156 |
| 42 | Estrutura de desenvolvimento dual do veículo de demonstração de tecnologia GXV-T | 158 |

8. A complexidade sistêmica inerente ao uso das Tecnologias Digitais

| | | |
|----|--|-----|
| 43 | Temas abordados do Tópico 3 ao Tópico 7 | 159 |
| 44 | As Tarefas Computacionais e suas classificações a partir do pensamento computacional | 165 |

9. Os projetos, seus processos e práticas no cenário contemporâneo

| | | |
|----|--|-----|
| 45 | Estrutura das características dos projetos | 172 |
| 46 | As Tarefas Computacionais e suas classificações a partir do pensamento computacional | 173 |

10. Análise para uma nova representação do cenário de atuação das tecnologias digitais

| | | |
|----|--|-----|
| 47 | Estrutura de identificação das relações sistêmicas das TDs | 178 |
| 48 | Resultados pesquisa para Nível 1 de tecnologias digitais (TDs) | 185 |
| 49 | Indicação dos campos de atuação das TDs | 186 |
| 50 | Diagrama de Classificação das tecnologias digitais pela evolução direta e interdependência – Nível 1 – Critério 03 | 188 |
| 51 | Resumo dos tipos de tecnologia digital por temporalidade proposta para as TDs | 190 |
| 52 | Cenário atual da evolução das TDs | 191 |
| 53 | Cenário futuro da evolução das TDs | 191 |
| 54 | Representação das IUTs e das tecnologias relevantes em sua evolução | 192 |
| 55 | Representação das NSTs e das tecnologias relevantes em sua evolução | 192 |
| 56 | Representação das FDTs e das tecnologias relevantes em sua evolução | 193 |
| 57 | Representação das DTs e das tecnologias relevantes em sua evolução | 194 |
| 58 | Detalhamento da evolução das TDs a partir dos tipos de temporalidade (maior resolução) | 195 |
| 59 | Resultados pesquisa para Nível 3 de tecnologias digitais (TDs) | 197 |
| 60 | Diagrama de classificação das TDs pela disponibilidade – Nível 3 | 198 |
| 61 | Resultados pesquisa para Nível 4 de tecnologias digitais de auxílio ao projeto (TDA) – Nível 4 | 199 |
| 62 | Diagrama de classificação das tecnologias digitais aplicáveis no auxílio ao projeto – Nível 4 – Critério 01 | 200 |

11. Os projetos e a mediação das Tecnologias Digitais: a proposta conceitual para uma nova forma de projeção

| | | |
|----|---|-----|
| 63 | Estrutura elementar das etapas de projeto – base das metodologias citadas | 202 |
| 64 | Estrutura atualizada das fases e processos de projeto | 203 |
| 65 | Representação da Camada da estrutura convencional de projeto | 204 |
| 66 | Representação do acréscimo da Camada de Adição de tecnologia digital | 204 |

| | | |
|----|--|-----|
| 67 | Representação do acréscimo da Camada de Ciber-físicos | 206 |
| 68 | Representação do acréscimo da Camada de Inteligência Artificial | 208 |
| 69 | Os artefatos e as proposições da pesquisa | 211 |
| 70 | Mapa conceitual representando o conceito e a estrutura da proposta de PpFP | 216 |
| 71 | As camadas do PpFP como um composto | 217 |
| 72 | Relações intermediadas entre pensamento computacional e projeto | 223 |

12. A proposição de uma estrutura de Spin-off que interessa aos projetos atuais

| | | |
|----|---|-----|
| 73 | Mapeamento da estrutura atual de desenvolvimento de tecnologia dual e spin-offs relacionados em ordenação hierárquica do setor S&D para o setor civil | 226 |
| 74 | Representação do mapeamento com maior resolução proposta pela pesquisa | 227 |
| 75 | Identificação dos atores – especialistas ou não -especialista, atuantes em cada nível de transição | 229 |
| 76 | Tipos de projetos e ações de entrega nas camadas de atuação de projetos AED | 231 |
| 77 | Distinção das áreas de atuação dos projetos | 233 |
| 78 | Tipos de projetos e ações de entrega nas camadas de atuação de projetos AED | 234 |

13. A representação dos Projetos de Futuro Próximo

| | | |
|----|---|-----|
| 79 | Identificação e ordenação das estruturas intermediárias para o desenvolvimento do framework | 235 |
| 80 | Estrutura em camadas para o framework geral | 237 |
| 81 | Expansão de todos os níveis dos Módulos para a aplicação das TDs | 239 |
| 82 | Módulos para o framework geral | 240 |
| 83 | Estrutura do Módulo 1 para o framework geral | 241 |
| 84 | Estrutura do Módulo 2 para o framework geral | 242 |
| 85 | Estrutura do Módulo 3 para o framework geral | 243 |
| 86 | Estrutura do Módulo 4 para o framework geral | 244 |
| 87 | Estrutura do Módulo 5 para o framework geral | 244 |
| 88 | Estrutura do caminho crítico e aplicações dos Módulos no framework geral | 246 |
| 89 | Apresentação da interface do Simulador | 252 |
| 90 | Interfaces de medição de iluminação artificial | 253 |
| 91 | Interfaces de inserção de objetos de entorno | 254 |
| 92 | Criação de modelos de informação com atribuição de propriedades físicas de iluminação | 254 |

| | | |
|-----------------------|--|-----|
| 93 | Sensor térmico e ponto de rede. Exemplo de montagem nas árvores e distribuição da rede de sensores na área protegida | 258 |
| 94 | Sensor térmico e ponto de rede. Exemplo de montagem no teto e distribuição da rede de sensores na sala de um museu | 259 |
| 14. Conclusões | | |
| 95 | Framework conceito de atuação PpFP em territórios ocupados com redes de compartilhamentos de tarefas valiosas | 268 |

LISTA DE QUADROS

2. O procedimento metodológico

| | | |
|---|---|----|
| 1 | Exploração de leitura - Construção histórica das Ciências e Tecnologias | 51 |
| 2 | Definição de conceitos e indicadores a partir das dimensões | 56 |
| 3 | Corpo de hipóteses | 58 |

3. A evolução das Ciências, as relações com a tecnologia e os projetos

| | | |
|---|--|----|
| 4 | Cronologia relacionando tecnologia, pensamento e percepção da realidade | 77 |
| 5 | Quadro resumo do contexto e entorno da discussão sobre o pensamento da natureza da ciência e desenvolvimento científico no Século XX | 80 |
| 6 | Suposição filosófica das perspectivas de pesquisa e investigação | 86 |

4. Paradigmas, Descobertas e Invenções: a evolução das tecnologias

| | | |
|----|--|----|
| 7 | Definições filosóficas sobre paradigma | 88 |
| 8 | Definições de paradigma de acordo com Khun | 92 |
| 9 | Definições do paradigma revisado Khun-Masterman | 94 |
| 10 | As invenções e a hierarquia Ciência – Tecnologia | 97 |

5. A tecnologia e o desenvolvimento das Tecnologias Digitais (TD)

| | | |
|----|--|-----|
| 11 | Definições de tecnologia e disciplinas distintas | 103 |
| 12 | Abordagens relevantes sobre a evolução das tecnologias | 105 |
| 13 | A evolução do ciclo de desenvolvimento das TDs | 112 |
| 14 | Descrição do ciclo de desenvolvimento das tecnologias digitais | 114 |

6. A contemporaneidade das TDs: a abrangência sistêmica e a complexidade dos relacionamentos

| | | |
|----|--|-----|
| 15 | Principais tipos de desenvolvimento das IAs | 135 |
| 16 | Referências de métodos e ferramentas de eco-orientação que interessam à pesquisa | 143 |

7. A Propriedade, disponibilização e transbordamento das Tecnologias Digitais atuais

| | | |
|----|--|-----|
| 17 | Cronologia do cenário mundial do desenvolvimento das TMs | 149 |
| 18 | Valores dos investimentos em P&D civil em 2023 | 151 |
| 19 | Exemplos de tipos de Spins de transferência | 153 |
| 20 | Estruturação em níveis para os tipos de desenvolvimento de tecnologias duais para TM | 154 |
| 21 | Tipos de domínios das pesquisas de tecnologia duais para a TM | 155 |
| 22 | Disponibilização de tecnologia por spins de transferência e conhecimento | 156 |

| | | |
|---|--|-----|
| 8. A complexidade sistêmica inerente ao uso das Tecnologias Digitais | | |
| 23 | Tipos de atuação das tecnologias digitais | 163 |
| 24 | Definições de framework | 166 |
| 9. Os Projetos, seus processos e práticas no cenário contemporâneo | | |
| 25 | Conceitos-base de suporte ao projeto | 170 |
| 26 | Descrições dos principais requisitos dos projetos | 171 |
| 27 | Generalização dos processos de objetivos de projetos nas metodologias disponíveis | 173 |
| 10. Análise para uma nova representação do cenário de atuação das Tecnologias Digitais | | |
| 28 | Atributos de paradigmas existentes | 177 |
| 29 | Estrutura de identificação das tecnologias digitais disponíveis | 180 |
| 30 | Quadro de campos de atuação da TDs resposta aos Critério 02 - Nível 01 | 186 |
| 31 | Descrições de tecnologias referências de evolução | 196 |
| 11. Os Projetos e a mediação das Tecnologias Digitais: a proposta conceitual para uma nova forma de projetar | | |
| 32 | Descrições das aplicações das classes de tecnologia digital nas práticas Projetuais | 205 |
| 33 | Descrições das aplicações das classes de Ciber-físicos nas práticas Projetuais | 206 |
| 34 | Resumo das propostas parciais antecipadas | 212 |
| 35 | Descrição e relacionamentos das camadas do novo projeto | 218 |
| 36 | Tipos de objetivos de projetos | 221 |
| 12. A proposição de uma estrutura de spin-off que interessa aos projetos atuais | | |
| 37 | Descrições das Mudanças de Estados nas transferências de TDs | 227 |
| 38 | Grupo de atores relacionados às mudanças de estados e as movimentações entre os níveis propostos | 228 |
| 13. A representação dos Projetos para Futuro Próximo | | |
| 39 | Definição dos parâmetros associados aos desenvolvimentos intermediários para validação de temas da pesquisa | 247 |
| 40 | Lista dos projetos intermediários desenvolvidos, com identificação dos parâmetros validados | 248 |
| 41 | Descrição dos objetivos e parâmetros de projeto – Simulador de iluminação | 250 |
| 42 | Descrição dos objetivos e parâmetros de projeto – Rede de sensores monitoramento alerta antecipado de incêndio | 255 |

SUMÁRIO

| | | |
|-----|---|-----|
| 1 | Introdução | 19 |
| 1.1 | O pensamento sobre Ciência e Tecnologia | 23 |
| 1.2 | A motivação para a pesquisa | 29 |
| 1.3 | A problematização: considerações..... | 31 |
| 2 | O procedimento metodológico..... | 41 |
| 2.1 | O limite da pesquisa..... | 41 |
| 2.2 | Referencial metodológico | 45 |
| 2.3 | A pergunta de partida | 47 |
| 2.4 | A exploração | 49 |
| 2.5 | A problemática..... | 53 |
| 2.6 | As hipóteses | 54 |
| 2.7 | A definição da metodologia de observação | 59 |
| 2.8 | A construção do modelo de análise | 61 |
| 2.9 | A estrutura da tese..... | 62 |
| | CONHECIMENTO EXISTENTE | 66 |
| 3 | A evolução das ciências e as relações com a tecnologia e os projetos | 67 |
| 3.1 | A Ciência que resolve problemas | 68 |
| 3.2 | A evolução por saltos | 71 |
| 3.3 | O contexto histórico sobre o pensamento científico e a tecnologia | 76 |
| 3.4 | A apropriação do pensamento sobre Ciência e a separação das pesquisas científicas e tecnológicas..... | 84 |
| 4 | Paradigmas, Descobertas e Invenções: a evolução das tecnologias | 88 |
| 4.1 | O que é preciso compreender sobre o paradigma de Khun-Masterman | 89 |
| 4.2 | O Paradigma revisado | 93 |
| 4.3 | Ciência e Tecnologia: o papel das descobertas científicas versus as invenções | 96 |
| 4.4 | O papel dos artefatos: proposições para adequação conceitual e prática | 99 |
| 5 | A tecnologia e o desenvolvimento das Tecnologias Digitais | 103 |
| 5.1 | O desenvolvimento das tecnologias e das tecnologias digitais | 105 |
| 5.2 | O desenvolvimento das tecnologias digitais | 110 |
| 6 | A contemporaneidade das TDs: a abrangência sistêmica e a complexidade dos relacionamentos | 124 |
| 6.1 | As mudanças contemporâneas dos comportamentos | 124 |
| 6.2 | Considerações sobre a inteligência artificial | 132 |

| | | |
|------|---|-----|
| 6.3 | Uma abordagem sobre os territórios digitais..... | 137 |
| 7 | A Propriedade, disponibilização e transbordamento das Tecnologias Digitais atuais | 145 |
| 7.1 | A produção e a pesquisa: considerações sobre a autoria dos desenvolvimentos | 145 |
| 7.2 | A indústria de segurança e defesa: o desenvolvimento das Tecnologias Digitais militares | 148 |
| 7.3 | O desenvolvimento das tecnologias de uso dual e os processos de compartilhamento | 150 |
| 7.4 | Os processos de transferência do desenvolvimento da TM: spins, disponibilização e transbordamento dos resultados..... | 153 |
| 8 | A complexidade sistêmica inerente ao uso das Tecnologias Digitais..... | 159 |
| 8.1 | A modelagem conceitual e a orientação a objetos | 160 |
| 8.2 | Computerization, Computation e Computational Thinking..... | 162 |
| 8.3 | Uma abordagem sobre Frameworks..... | 165 |
| 9 | Os Projetos, seus processos e práticas no cenário contemporâneo | 168 |
| 9.1 | Como os projetos são vistos hoje..... | 168 |
| 9.2 | O alinhamento dos processos do pensamento computacional e as metodologias de gestão de projetos | 172 |
| | PROPOSTA DA TESE | 175 |
| 10 | Análise para uma nova representação do cenário de atuação das Tecnologias Digitais | 176 |
| 10.1 | Uma análise formal do Paradigma Científico Contemporâneo | 176 |
| 10.2 | As estruturas contemporâneas das tecnologias disponíveis | 178 |
| 10.3 | A Identificação de Nível 01 – Universo de Tecnologias Digitais..... | 179 |
| 10.4 | A Identificação de Nível 02 – a evolução das Tecnologias Digitais: | 189 |
| 10.5 | A Disponibilidade de Nível 03 – Tecnologias Digitais disponíveis:..... | 196 |
| 10.6 | A Seleção de Nível 04 – Tecnologias Digitais de Auxílio ao projeto:..... | 198 |
| 10.7 | Considerações sobre a classificação das TDs:..... | 200 |
| 11 | Os Projetos e a mediação das Tecnologias Digitais: a proposta conceitual para uma nova forma de projeção. | 201 |
| 11.1 | Como as estruturas dos projetos auxiliados por TDs precisam ser vistas hoje..... | 202 |
| 11.2 | Considerações sobre o papel dos artefatos nos projetos auxiliados por TDs..... | 210 |
| 11.3 | A proposta de Projeto para Futuro Próximo | 212 |
| 11.4 | O novo conceito da proposta apresentada | 217 |
| 11.5 | O alinhamento da proposta Projeto de Futuro Próximo e as TDs disponíveis para o auxílio ao projeto | 222 |

| | | |
|-------------------|---|-----|
| 12 | A proposição de uma estrutura de spin-off que interessa aos projetos atuais.... | 225 |
| 12.1 | Apresentando a estrutura de Spin-off proposta. | 226 |
| 12.2 | Os atores na estrutura de transferências e a movimentação entre os níveis..... | 228 |
| 13 | A representação dos Projetos para Futuro Próximo..... | 235 |
| 13.1 | A estrutura de camadas do PpFP [Método] | 237 |
| 13.2 | Os frameworks intermediários [Ferramentas] | 238 |
| 13.3 | O fluxograma do PpFP..... | 245 |
| 13.4 | Os testes práticos de desenvolvimento: prescrições e artefatos intermediários . | 247 |
| CONCLUSÕES | | 261 |
| 14 | Conclusões..... | 262 |
| Referências | | 270 |

1 Introdução

O objeto central desta pesquisa é a relação existente entre o projeto (ato de projetar) e a tecnologia, com um recorte específico nas “Tecnologias Digitais - TDs”. A intenção foi desenvolver uma análise crítica e criteriosa sobre TD e as transformações provocadas por seu desenvolvimento, disponibilização e uso. É incontestável a percepção do crescimento e do avanço das TDs no tempo presente, principalmente aquelas relacionadas à informação, definidas pela explosão do avanço da computação digital, bem como, o impacto causado na vida em sociedade, desde a adoção dos suportes digitais como referencial contemporâneo de Ciência e mercado. Essa divisão, da qual, de um lado se tem a investigação científica e, do outro, os avanços da produção, é relevante para a análise em função da complexidade do cenário de atuação de ambos a partir da segunda metade do Séc. XX.

Analisando de forma mais específica as tecnologias digitais, um recorte bem definido foi feito por Khosrow-Pour (2005) ao citar que existe um ponto de referência identificado no início dos anos 1970 confirmando o início da imbatível tendência de evolução, que, desde os pensamentos sobre a Cibernética, sobre a pós-modernidade e por toda a influência da indústria bélica estadunidense pós-guerras, moldaram de maneira definitiva o cenário de atuação da humanidade no século passado. Para Khosrow-Pour (2005), a “tecnologia da informação” desenvolvida nesse período pode ser considerada como uma segunda revolução industrial, que impactou de forma extensa e sistêmica todas as facetas da vida em sociedade, das Ciências, dos negócios e primordialmente, sobre a forma de se projetar e desenvolver as coisas no mundo.

Para se abordar o fenômeno da tecnologia, é necessário recorrer à Ciência e à sua evolução. A evolução da Ciência é tratada há muito tempo pela filosofia, que busca desde o início questionar e explorar as ideias e conceitos fundamentais da vida do homem e sua relação com o mundo.

A partir da Ciências Tradicionais (união das Ciências Naturais e Sociais), é importante que se identifique o correto lugar de sua atuação para se avaliar os impactos causados pelo desenvolvimento tecnológico, partindo do princípio de que em determinadas

situações tal desenvolvimento adquire um caráter de independência da Ciência, apesar da existência de um relacionamento direto entre elas.

Essa autonomia no desenvolvimento tecnológico tem provocado uma impressionante elevação no grau de artificialização do que é disponibilizado à sociedade, o que torna relevante uma abordagem relacionando o pensamento sobre as Ciências tradicionais e o pensamento sobre a tecnologia contemporânea para tratar dos impactos e das mudanças de comportamento impostos à sociedade. Em extensão, também se busca a compreensão das relações entre as evoluções e revoluções científicas e seus paradigmas relacionados, bem como sobre o atual papel dos eventos de projetos (prática projetual), com seus atores e resultados, sobretudo quanto aos desdobramentos futuros de sua prática.

O principal recorte histórico das epistemologias sobre as Ciências a ser analisado parte das intervenções de Karl Popper em sua publicação de 1934, “A Lógica da Descoberta Científica”, na qual se propõe a falsificabilidade como base para o método científico contra a observação e a indução. Isso propiciou aos cientistas a possibilidade válida de atuações em pesquisas científicas baseadas no erro e no acerto, o que criou, de acordo com Dresch et al. (2014), uma lógica sistemática de conjecturas e refutações. O pensamento de Karl Popper representa uma das principais rupturas no pensamento sobre a Ciência, sendo considerado, a partir disso, o pai do racionalismo crítico. A partir de Popper, outros dois nomes relevantes no pensamento sobre as Ciências também se destacam: Thomas Khun (e as estruturas das revoluções científicas) e Imre Lakatos (e a proposta das pesquisas científicas continuadas). Para Kuhn (1996), a evolução da Ciência se dá pelas revoluções científicas. Para Lakatos e Musgrave (1979), a própria Ciência, como um todo, pode ser considerada um imenso programa de pesquisa.

No tocante aos projetos e em uma análise conceitual histórica dos cenários nos quais se dão as práticas projetuais, é possível identificar uma característica positivista do desenvolvimento tecnológico que promove uma separação clara entre as pesquisas de cunho científico e as pesquisas de cunho tecnológico como se fossem ações distintas e independentes.

Também é importante citar que o atual desenvolvimento da TD está intimamente relacionado com os investimentos em segurança e defesa. Novas tecnologias, como a inteligência artificial, a computação em nuvem e a robótica estão cada vez mais

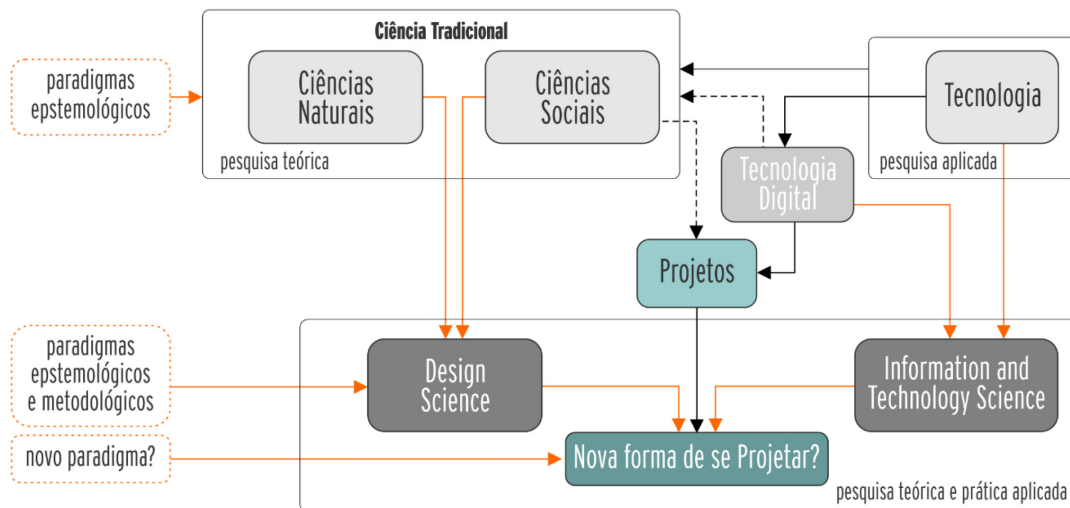
sendo utilizadas para desenvolver novos sistemas de defesa e segurança, bem como para aperfeiçoar os já existentes. Como exemplo, pode-se destacar que, segundo Bellisário e Tarin (apud Helfrich, 2012), o “Estado e o Mercado” definem conjuntamente uma maneira particular de se pensar o mundo, muitas vezes até recorrendo à criação de leis, normas ou apropriações, ou mesmo criando cerceamentos de controle dos processos de investigação, pesquisa e desenvolvimentos. Longo (2007) diz que, ao se observar a história da humanidade, é difícil encontrar algum desenvolvimento tecnológico relevante que não esteja estreitamente relacionado com as questões inerentes à tecnologia militar. É importante considerar que quase todo esse desenvolvimento se dá sob caráter de extremo sigilo e sob rígidas práticas de controle e cerceamento. O *Stockholm International Peace Research Institute* (SIPRI, 2024) informou que as despesas militares globais aumentaram pelo oitavo ano consecutivo em 2023, atingindo uma estimativa de US\$ 2.240 bilhões, relacionados a um aumento de 3,7% nos gastos, ano a ano. Segundo o SIPRI, os governos ao redor do mundo gastaram uma média de 6,2% de seus orçamentos com as forças armadas. Somente os Estados Unidos investiram **877 bilhões** de dólares em projetos de tecnologia nessa área, representando mais de um quarto de todos os gastos globais em defesa. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU-PNUD, 2022), uma fração desse valor permitiria o progresso e a solução de problemas globais em áreas do desenvolvimento humano, como a consolidação da paz, prevenção de conflitos e ações de inclusão. Para o mesmo período, a *International Renewable Energy Agency* (IRENA, 2023) informa que os projetos relacionados à tecnologia de transição para energias renováveis (ODS 7- Energia Acessível e Limpa) atraíram, **em todo o mundo**, investimentos de **710 bilhões de dólares**, valor abaixo do gasto estadunidense em segurança e defesa. Certamente, soluções para problemas do ambiente natural ou necessidades básicas imediatas da sociedade não estão presentes nas abordagens e nas intenções de resultados desses projetos de segurança e defesa.

Como conceitualmente as duas ações (a pesquisa e a pesquisa aplicada) estão diretamente relacionadas às investigações e pesquisas científicas, coexistindo e podendo ser estruturadas concomitantemente (a pesquisa define a aplicação e/ou a aplicação demanda pesquisa), o principal risco gerado pela separação entre Ciência e Desenvolvimento Tecnológico reside no grande poder dado aos interesses de

grupos específicos cujos resultados das investigações atendem somente a resultados direcionados. Em contrapartida, uma busca conciliatória por uma convergência válida também acontece, indicando o lugar de atuação para o que seria uma Ciência Tecnológica, relacionada à Ciência Tradicional, mas de uma forma mais prática e aplicável, próxima de como atualmente se pensa e se desenvolve a TD. Novas Ciências surgiram nesse processo, tais como a Ciência do Projeto (Design Science) e a Ciência da Tecnologia da Informação (*Information and Technology Science*) que se alinham e apresentam abordagens pertinentes para esta pesquisa.

De acordo com Dresch et al. (2015), Ciência do Projeto busca, a partir do entendimento de um problema, construir e avaliar artefatos ou prescrições que permitam transformar situações, alterando suas condições para estados melhores ou desejáveis. Khosrow-Pour (2005) destaca que a Ciência da Tecnologia da Informação representa a busca pela compreensão da natureza do processamento e do gerenciamento de informações combinada às aplicações práticas de tecnologias de computador e de telecomunicações.

Figura 1 – Ciências, Tecnologias e Projetos: estrutura inicial da análise.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Ambas as Ciências representam interessante hibridismo para pesquisas que envolvam tecnologias digitais e representam bem a atuação indistinta de Ciência e tecnologia. A Figura 1 apresenta a estrutura inicial da análise desenvolvida nesta pesquisa no tocante à abordagem que relaciona Ciências, Tecnologia e Projeto.

De acordo com Gil (2002), como toda atividade racional e sistemática, a pesquisa exige que as ações desenvolvidas ao longo de seu processo sejam efetivamente

planejadas, o que se concretiza mediante a uma prévia estruturação de etapas, objetivos, tipologia, competências etc., ou seja, mediante a elaboração de um projeto, garantindo a abrangência das implicações extra científicas existentes. Portanto, mostra-se relevante apontar que em todos os possíveis cenários de desenvolvimento científico tecnológico, as investigações e pesquisas devem ser estruturadas como **projetos**, por mais distintas que sejam as aplicações de metodologias (onde a teoria é fundamental), de métodos (onde a técnica é fundamental) e de ferramentas (onde as ações específicas formalizadas são fundamentais). Ou seja, é importante considerar que toda artificialidade – em um contexto histórico passado, atual ou em ações futuras, independentemente da cultura, regime ou estrutura social – materializa-se através dos projetos, desde aqueles intuitivos até os mais complexos e transdisciplinares. Isto representa mais um ponto relevante nesta pesquisa ao considerar os eventos de Projetos como um dos mais relevantes atratores para toda a discussão sobre tecnologia e seus desdobramentos.

1.1 O pensamento sobre Ciência e Tecnologia

Para Ander-Egg (1978), Popper (1979) e Chalmers (2019), a Ciência representa um conjunto de conhecimentos racionais obtidos, certos ou prováveis, e metodicamente sistematizados e verificáveis, que fazem referências a objetos de uma mesma natureza. A ciência não é subjetiva e o conhecimento gerado a partir dela é confiável, uma vez que pode ser provado.

Entretanto, abordar o pensamento sobre as Ciências Tradicionais exige uma análise sobre os métodos e os paradigmas que as regem desde o início da história humana. Mas não é objetivo desta pesquisa questionar o pensamento clássico sobre Ciências.

O recorte histórico das epistemologias a ser analisado parte das intervenções de Karl Popper (1979) e sua proposta sobre a falsificabilidade, que representa um padrão dedutivo de avaliação de teorias e hipóteses científicas a partir do qual tais teorias ou hipóteses poderão ser refutadas, caso contraditas por um teste empírico. E a partir de Popper e influenciados por ele, tem-se outros pensadores relevantes sobre as Ciências: Khun e Lakatos.

Para Kuhn (1996), a evolução da Ciência se dá pelas revoluções científicas que se manifestam na Ciência Normal (a Ciência em períodos de normalidade), quando essa não consegue se manter estável em função de anomalias e problemas.

Segundo o autor, existe um paradigma vigente na Ciência Normal que será substituído, caso a estabilidade gerada pelas crises não seja retomada. Para Lakatos e Musgrave (1979), a própria Ciência como um todo pode ser considerada um imenso programa de pesquisa. Sendo assim, os dois autores construíram novos conceitos para a Ciência ao afirmarem que ela se supera a cada revolução, pelo caráter de descontinuidade e ruptura do conhecimento científico, e não pelo acúmulo do conhecimento. Ela pode existir pela pesquisa teórica pura e plural, fundamentada na concorrência de programas de pesquisas, mesmo quando conflitantes.

Isso tornou os dois autores responsáveis por uma interessante aproximação do pensamento sobre Ciências com o pensamento sobre tecnologia.

De acordo com Kuhn (1996), os paradigmas são realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma Ciência. Esse autor afirma ainda que são as regras dos paradigmas as responsáveis por governar a Ciência, entendida como a atividade responsável por solucionar problemas, tanto teóricos quanto experimentais.

Para Kuhn (1996), a história da Ciência não é gradual e cumulativa; ao contrário, é entremeada por uma série de “mudanças de paradigmas” (*paradigma shifts*) mais ou menos radicais. A partir disso, introduziu dois tipos distintos de desenvolvimento científico: a) o normal, representado pela Ciência Normal, e b) o revolucionário, representado pelas descobertas científicas.

Durante a prática da Ciência Normal, um paradigma orienta o consenso da comunidade científica e todos os ajustes e correções das crises surgidas proporcionam um acúmulo de conhecimento que valida o paradigma vigente. Quando esse paradigma não pode ser mais ajustado, um novo toma seu lugar, uma revolução científica confirma essa mudança e um novo ciclo de acumulação de conhecimento se inicia, agora sob um novo paradigma, definindo que a característica principal das revoluções científicas é que elas alteram o conhecimento de natureza intrínseca à própria linguagem.

Toda a discussão sobre o desenvolvimento da Ciência Normal, revoluções científicas e mudanças de paradigmas se encontram no centro da discussão desenvolvida pela Ciência do Projeto e pela criação de artefatos.

Simon (1996) define que os artefatos são compreendidos como objetos artificiais caracterizados por seus objetivos, funções e adaptações, e que são projetados e desenvolvidos por meio de pesquisas científicas com o intuito de resolver problemas, indicando assim uma natureza preditiva.

Mas algumas investigações e pesquisas no desenvolvimento dos artefatos não podem ser desvinculadas das pesquisas de natureza exploratória, descritiva ou explicativa. Vê-se, então, a necessidade da existência de uma base epistemológica e de um método que sustentem as pesquisas de natureza preditiva com o apoio das pesquisas de natureza exploratória, descritiva ou explicativa. Gibbons et al. (1994) propõem que os projetos de artefatos devam atuar na junção desses dois tipos de geração de conhecimento: a) Tipo 1: puramente acadêmico – uni ou pluridisciplinar e b) Tipo 2: transdisciplinar, voltado à resolução problemas.

Dresch et al. (2015) afirmam, portanto, que são necessários estudos que unam os conceitos de desenvolvimento de artefatos aos problemas tais como aqueles que os pesquisadores acadêmicos procuram responder ou descobrir. Fica notória a necessidade de se analisar a convergência e afinidade desses pensamentos e métodos sobre os quais atuam as pesquisas e desenvolvimentos das Ciências e tecnologias atuais. Isso se mostra relevante por propiciar a identificação sobre quais são as atuais práticas e formas de se projetar que geram os artefatos (objetos, sistemas, serviços ou conhecimento) realmente pertinentes às soluções dos problemas do mundo real.

Um outro viés da discussão acerca do pensamento sobre a Ciência e o pensamento sobre a tecnologia está na verificação da realidade, assunto que se mostra relevante quando se considera o atual estado do avanço da TD representada pelas inteligências artificiais – IAs (*Artificial Intelligence* – AI) e seus processos generativos. Kissinger et al. (2021) explicam que o atual estágio de desenvolvimento das IAs define, na verdade, um mecanismo novo e extremamente poderoso para explorar e reorganizar a realidade, sendo que, em algumas circunstâncias, atua de forma inescrutável para todos.

O advento das IAs deve ser considerado um verdadeiro marco filosoficamente significativo na história do pensamento humano.

Mas como a realidade é percebida?

Em seus estudos, Kissinger et al. (2021) estruturam um caminho, abordando histórica e cronologicamente a relação do pensamento humano, o desenvolvimento de tecnologias e a realidade percebida. Os autores definem que existe uma busca pelo entendimento sobre a natureza da realidade para cada era ou civilização, e que, em cada uma delas, um conjunto de acomodações e comportamentos são criados com relação ao entorno onde as pessoas vivem. O raciocínio humano individual recebe lugar de destaque por sua capacidade de elaborar estruturas de compreensão que atuam no imediato em cada tempo. Essas estruturas de compreensão podem ser herdadas em tempos futuros, produzindo assim aprendizados por experiências de erros que moldam ao longo do tempo aquilo que é definido e conhecido como mundo.

Com a tecnologia digital, atingiu-se um potencial que permite criações descontínuas (com maior grau de transformação que as criações disruptivas) que vão além das inovações e/ou extensões daquilo que se conhece, produzindo fenômenos verdadeiramente novos, e não simplesmente versões ou simulacros mais poderosos ou eficientes de coisas passadas.

Para Christensen (1995), as mudanças disruptivas são consideradas temporárias e intermitentes, promovendo a manutenção e otimização da prática atual. Já as mudanças descontínuas implicam uma transformação fundamental e são geralmente consideradas como mais permanentes e irrevogáveis por trazer uma nova e diferente ordem ao passado e alterar de forma definitiva a ordem futura das coisas.

1.1.1 - A Digitalização da Tecnologia

As tecnologias digitais vêm evoluindo de forma constante, interferindo e modificando as práticas cotidianas de todas as áreas, como os projetos, a comunicação, a geração de saber e conhecimento, trabalho, consumo, comportamento e relações sociais etc.

Todo esse desenvolvimento se baseia na digitalização, processo de tecnologia que definiu os últimos 50 anos da “história da humanidade”. Quase a totalidade dos processos da vida cotidiana foram digitalizados e codificados; e, segundo Lévy (1993), muitas vezes, de forma que suas novas aparências singulares se apresentem completamente desconectadas de seus conhecidos substratos originais e anteriores.

A tecnologia digital tem provocado uma transformação histórica na sociedade e novos termos são adicionados e associados continuamente ao cotidiano, como comunicação instantânea, robôs, internet das coisas, big data, impressão 3D, assistentes pessoais, inteligência artificial etc. Essas tecnologias já não são mais criadas simplesmente como produtos, pois, além de já nascerem carregadas de conceitos de caráter disruptivo, trazem exigências de criação de novos cenários de atuação que provocam mudanças significativas nas formas de se ver, representar e viver no mundo. Foi esse aumento da digitalização que produziu fenômenos verdadeiramente novos e extrapolou as representações do mundo real para fenômenos mais poderosos como as IAs que, de acordo com Han (2017), acessam a realidade de uma maneira diferente de como os humanos a fazem, não fazendo distinção entre **coisas e não-coisas**¹ ou **entre tangíveis e não-tangíveis**.

Han (2017) também comenta que quando passamos a existir digitalmente, desincorporamo-nos e passamos a fazer parte do próprio fluxo, percebendo o mundo de forma diferente do que era conhecido como algo palpável e material.

O autor afirma que a humanidade não está naturalmente (biologicamente) preparada para esse tipo de união que reconfigura toda forma de ver o mundo. Nesse novo mundo digital, **o real e o virtual são misturados**, não fazendo mais sentido separá-los.

A atuação do ser humano se dá na transição, mas com fortes sinais de uma fusão eminente, na qual a realidade e a verdade passarão a também fazer parte desse fluxo, podendo ser cada vez mais facilmente manipuladas.

1.1.2 - O Projeto e o futuro próximo

Um marco histórico do desenvolvimento das TDs está na disponibilização das tecnologias de auxílio ao projeto, a princípio com o sistema de CAD (*Computer Aided Design*), no começo dos anos 1970, cujo uso se tornou válido e insubstituível nos anos seguintes.

Mas como os projetistas vão lidar, daqui a pouco, com as mediações e decisões das TDs baseadas em não-coisas? Os projetos se situam em um “**lugar de certeza**”, com soluções reais, herdadas, criadas, adaptadas e validadas.

¹ Como as coisas virtuais (nota do autor)

Estruturar e planejar projetos em fases controláveis é regra básica da prática. Cada fase é organizada a partir do controle dos fluxos de informação, matéria e energia, sendo premissas universalmente aceitas e encontradas em ampla literatura sobre o assunto. Os projetos podem ser entendidos como linguagens, pois representam um meio sistemático de comunicação de ideias ou proposições através de signos convencionais.

Para Brandon (2006), um projeto possui certos aspectos ou componentes-chave, como: a) o gerenciamento, b) o planejamento, c) um vocabulário comum, d) métodos e ferramentas relacionadas, e) trabalho em equipe e f) desenvolvimento em cadeias produtivas.

Pode-se assumir que atualmente o homem possui total domínio da prática projetual para solução de problemas do mundo. Entretanto, o advento e o progresso no manejo da informação no formato digital afetaram sobremaneira as formas de se desenvolver um projeto. O fio comum que une as diferentes peças desta revolução está no efeito de uma transição de bens e serviços para a informação, gerando "novos produtos interconectados", caracterizados por uma hibridização em larga escala, fundindo código (*code*), *software*, *hardware* e comportamento (*behaviour*) e criando uma outra metáfora para a realidade dos eventos de projeto: o fluxo de desenvolvimento.

Para a projeção, essa hibridização é responsável por uma mudança impactante ao gerar um novo tipo de ciclo de desenvolvimento relacionado aos projetos, no qual, a cada nova pesquisa e/ou artefato tecnológico desenvolvido, maior será a dependência dos auxílios computadorizados.

Como exemplo, pode-se citar que etapas como cálculos de projeto assumiram o caráter de "caixas-pretas" (*Black Boxes*), dissimulando a percepção da necessidade efetiva dos cálculos, agora transferidos para os processos internos dos softwares de engenharia. Um outro exemplo fica com as simulações. Hoje, temos simulações bioclimáticas georreferenciadas em tempo real, simulações de desempenho de edificações com análise de 50 anos de uso a frente. Ou seja, é notório que os projetos apresentam maior dependência dos seus auxílios computadorizados, o que afeta diretamente os atores de projetos, representados aqui pelos pesquisadores, especialistas e técnicos.

Kelly (2017) define que esse fluxo constante não implica simplesmente que “as coisas serão diferentes”, mas que os “processos” – os impulsionadores de fluxo – agora são mais importantes do que os produtos.

Cada vez mais, são considerados como válidos e necessários os processos de desenvolvimentos integrados e simulados, com decisões (intermediárias e finais) cada vez mais focadas em máquinas computacionais alimentadas por redes massivas de sensores e por quantidades imensuráveis de dados e informações disponíveis. Uma proposição desta pesquisa está na identificação da otimização da prática projetual, atuando como processo de intermediação dessas transições, como uma linguagem paralela, porém traduzida para os atores de AED, ou seja, Arquitetura, Engenharia e Design.

De acordo com Kelly (2017), atualmente, leva-se uma década, após o surgimento de uma tecnologia, para chegar a um consenso social a respeito de suas implicações. A partir daí, estabelece-se quais normas de comportamento são necessárias para dominá-la ou descobrir que ela nunca foi essencial. Segundo o autor, a humanidade está sendo transformada com tamanha rapidez que a capacidade de inventar coisas é muito maior que a velocidade com a qual se consegue “civilizá-las”. Esse processo possui relação direta com os projetos, portanto:

- interessa a identificação de qual é o real espaço interdisciplinar e/ou transdisciplinar onde hoje atuam,
- os motivos pelos quais acontecem,
- quem são os proponentes,
- para quais fins são desenvolvidos,
- qual será a temporalidade de aplicação.

É preciso compreender e dar representações a uma expansão conceitual oriunda da complexidade existente nas práticas projetuais contemporâneas.

1.2 A motivação para a pesquisa

Uma das principais motivações pela pesquisa vem da própria vivência do autor, a partir de uma carreira profissional e acadêmica fortemente influenciada pelas mudanças tecnológicas digitais, a partir da qual foi possível o acompanhamento de suas evoluções e impacto na prática projetual auxiliada por computador. O autor atuou

na área de projetos industriais, possuindo mais de 40 anos de experiência no desenvolvimento de produtos em empresas como Companhia Siderúrgica Belgo Mineira (gestão e projetos de siderurgia e equipamentos de produção), Fiat Allis e CNH – Case New Holland (gestão e projetos de equipamentos de movimento de terra), Siemens Vai (automação e gestão a partir de BIM), Cló Zirone e CMV Brasil (gestão e projetos de equipamentos de fundação e sondagens). Também conta em seu currículo desenvolvimentos e gerenciamento de projetos realizados na Inglaterra (empresa *Pilling Solutions* – desenvolvimento de perfuratriz hidráulica – 2002 e 2003) e na Alemanha (empresa *ABI Gruppe* – desenvolvimento de martelo hidráulico de cravação de estacas, 2012).

Possui bacharelado em Sistemas de Informação e, ao longo de sua carreira trabalhou, efetivamente, com tecnologias digitais como CAD, CAE, CAM, BIM, SCADA (automação), GIS, PDM, simuladores, geração e aquisição de imagens, prototipagem rápida etc., atuando sempre em setores de projeto. Destaca-se que nos anos 1980, o autor participou da 1ª turma de treinamento CAD promovida pelo Departamento de Projetos na Companhia Siderúrgica Belgo Mineira, onde trabalhava. Desde 2003, como professor de nível superior, vem atuando em disciplinas relacionadas à tecnologia digital e ao projeto, quais sejam: Sistemas Tecnológicos de Representação da Ideia (UEMG e UFMG), Gestão de Projetos em Sustentabilidade, Análise e Modelagem para Gestão de Obras, Práticas de Projeto Integrado, *Metadesign* e Gestão de Projetos, Inovação e Tecnologia, *Transportation Design*, Pensamento Computacional (UFMG) e Informatização de Projetos em CAD (PUC-Minas).

Em 2008, produziu sua monografia (“Tecnologia da Informação e sua apropriação pelos nativos da geração digital”), abordando tecnologia e comportamento. Em 2013, sua dissertação (Identificação de Pontos de Controle no Desenvolvimento Produto por Meio de Modelagem Conceitual e Mapeamento Informacional), abordou a representação da complexidade do ciclo de desenvolvimento de produto, orientado pela Análise do Ciclo de Vida. Suas pesquisas e publicações apresentam discussões sobre os temas Tecnologia Digital, Projeto, *Metadesign* e Pensamento Computacional. O autor também possui patentes de produtos e de registro de desenvolvimento de software de simulação.

1.3 A problematização: considerações

1.3.1 - O problema conceitual da divisão entre Ciência e Tecnologia

Um dos pontos fundamentais para análise sobre a evolução e o desenvolvimento das tecnologias digitais está na compreensão da divisão: a) o avanço científico e b) o avanço tecnológico. Essa divisão não se mostra interessante para a Ciência, posto que ela desempenha o principal papel na validação do conhecimento para a sociedade, traduzindo-a tecnologicamente sob a forma de artefatos e prescrições. Segundo Vasconcelos (2018), foi justamente a tradução tecnológica dos conhecimentos científicos que ampliou enormemente a eficácia da vida no planeta. Mas o desenvolvimento tecnológico baseado simplesmente na pesquisa pela pesquisa (muitas vezes focadas em novidades ou criação de necessidades) impacta a organização social e até cria um singular cenário de dúvida para a humanidade, pois, apesar da percepção de um avanço contínuo das TDs, muitas críticas são às vezes associadas à falta de soluções práticas aplicadas no tocante à natureza, aos impactos ambientais, à mudança do clima ou ao aumento das diferenças sociais.

Vasconcelos (2018) cita que a dúvida se concretiza ao se pensar que as contribuições de todo o progresso da ciência dos últimos 50 anos podem não ser suficientes para resolver a atual crise civilizatória e ambiental.

Apesar de se identificar uma dinâmica de mudança tecnológica constante, a aplicação dos resultados não acontece em uma velocidade similar à do desenvolvimento. Mosberger et al. (2003) comentam que uma desigualdade é percebida no acesso, distribuição e uso das TDs entre duas ou mais populações do planeta. A esse fenômeno, dá-se o nome de Divisão Digital, ou *Digital Divide*. Ele define a existência evidente de lacunas econômicas e políticas dentro e entre países “desenvolvidos” e “em desenvolvimento”. Talvez, ele represente uma evidência sobre a forma como os projetos são desenvolvidos nos distintos países, principalmente se se considerar que as TDs, quando utilizadas em projetos, deveriam primordialmente levar a resultados semelhantes, não devendo importar em qual localidade geográfica, qual empresa e sob quais políticas atuam. As formas aplicadas de projeto, mesmo sendo distintas, seja por diferença econômica, política ou cultural, quando baseadas em TDs, não poderiam ser distintamente defasadas, mas universalizadas e compartilhadas.

Kelly (2017) também alerta que, por sua própria natureza, a tecnologia digital desestabiliza as fronteiras pelo simples fato de desconhecer quaisquer fronteiras e poder assumir distintos vieses de comportamento (*bias*).

1.3.2 - O problema da busca pelo menor impacto ambiental

Nos últimos 40 anos, a abordagem sobre sustentabilidade e ecologia ganhou evidência nos campos de pesquisas. Nesse mesmo período, o desenvolvimento de tecnologias digitais (tanto na pesquisa, quanto no auxílio aos projetos) trouxe uma relevante aproximação para a abordagem de menor impacto para as práticas projetuais.

A ONU (2024) apresenta definições relevantes para esses tópicos, que interessam a esta pesquisa, sendo:

- Sustentabilidade como a capacidade de atender às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atenderem a suas próprias necessidades, enfatiza a importância de um desenvolvimento que respeite os limites do meio ambiente;
- Ecologia como a ciência que estuda as interações entre os seres vivos e o meio ambiente, sendo, portanto, conceito essencial para a compreensão sobre como as atividades humanas impactam os ecossistemas e a biodiversidade.

Ao longo do tempo, o desenvolvimento de tecnologias digitais orientadas à sustentabilidade disponibilizou inúmeros métodos e ferramentas relacionadas, propiciando a utilização em projetos “eco-orientados” alinhados à obtenção dos “Desenvolvimentos Leves + Ecologia Profunda”. Essa proposição representa os projetos orientados por processos de menor impacto ao ambiente, com análise consistente de seu entorno, dos processos de produção, uso e desempenho de utilização. Em complemento, Naess e Jickling (2000) definem ecologia profunda como uma abordagem que pode trazer para os procedimentos estruturados da prática projetual o foco na natureza, na sociedade e no indivíduo.

É importante observar que, na busca pelo menor impacto ao meio-ambiente, o projeto e a tecnologia possuem papéis de relevância, sendo que o projeto representa o evento no qual a decisão sobre o tamanho do impacto pode ser definida e a tecnologia é a grande aliada para garantir um menor impacto.

Contudo, valer ressaltar que, segundo Arendt (2016), a “tecnologia” também se coloca entre o homem e a natureza, criando polos diferenciados, muitas vezes distantes, e provocando na sociedade o esquecimento da importância dessa relação. Chomsky (1997) define a natureza como “social, biológica, histórica e cultural”, contudo, conservando sua dinâmica. O homem não tem tanto controle sobre ela como tem sobre sua “própria sociedade”.

1.3.3 - O problema da projeção assistida por tecnologia digital

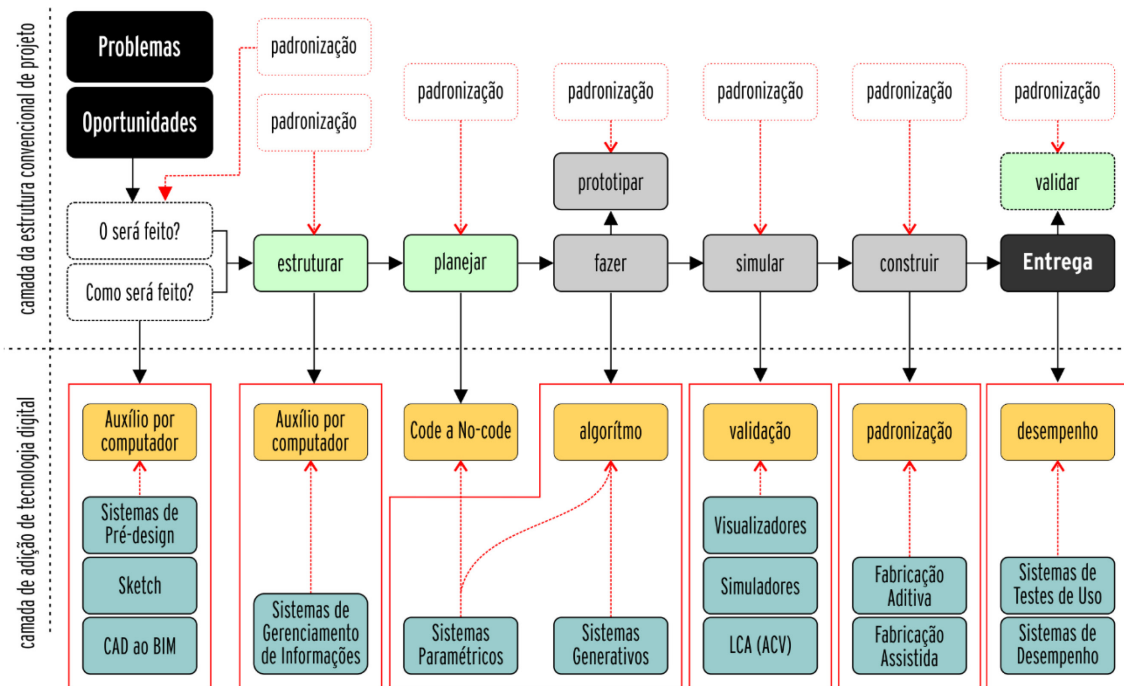
O auxílio por computador trouxe evoluções graduais sobre como devem ser desenvolvidos os novos projetos, ampliando o alcance e uso de informação e ferramentas digitais. Mas, ao mesmo tempo, exigiu adaptações para as formas clássicas da prática projetual, pois quase todas as tecnologias disponibilizadas, como os *softwares*, os *hardwares*, os ciber-físicos ou aplicações em nuvens se tornaram imprescindíveis e irreversíveis na prática de projetos. Ou seja, o uso do auxílio por computador tornou compulsório aos atores de projetos, com exigências de adaptações de uso e aprendizado da nova tecnologia.

Ao longo da evolução das tecnologias digitais, novas camadas de processos foram acrescentadas, definindo as gerações de tecnologia, como, por exemplo, os projetos digitalizados desenvolvidos em CAD (camada de tecnologia digital de auxílio de primeira geração), seguidos pelas digitalizações sem contato (*scanners a laser*), simulações de desempenho, cálculo do impacto ambiental da produção e uso (camada de tecnologia digital de auxílio de segunda geração), até a manufatura rápida (de produto ou edificações) e os projetos generativos assistidos por inteligência artificial (camada de tecnologia digital de auxílio de terceira geração). Essa evolução apresenta forte tendência de continuidade e contempla classes de tecnologias digitais que representam, no mínimo, 50 anos de evolução imperativa e atuante sobre a prática dos projetos de AED. Nesse ponto, é importante perceber que a abordagem sobre projeto versus tecnologia digital de auxílio se mostra muito mais complexa e com muito mais relações que aquelas imediatamente identificadas para a prática projetual.

A Figura 2 apresenta a estrutura em níveis para a prática projetual contemporânea com a representação das camadas convencional e de tecnologia digital de auxílio.

Pode-se observar que a estrutura de desenvolvimento, planejamento, validação e implementação dos projetos se mantém coesa e aplicável (de acordo com metodologias, métodos e ferramentas vigentes), o que garante a manutenção da evolução e validação das normas técnicas e das boas práticas de projeto e gestão. Ou seja, ela representa a base consolidada da prática projetual.

Figura 2 – Estrutura em níveis do projeto com auxílio de tecnologia digital



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Contudo, para se propor uma nova forma de projetar, mostra-se necessário identificar qual o grau de hereditariedade das práticas atuais que poderiam ser utilizadas. Uma visão em camadas dessa estrutura se mostra relevante e válida por permitir a representação, além das camadas existentes, das camadas adicionais de tecnologia digital que foram acrescentadas ao longo de seus desenvolvimentos. Mas é necessário entender que as mudanças exigidas para o uso estão muito além do movimento normal de **adaptação** às novas tecnologias representado pela aquisição ou atualização de software e hardware e/ou pela evolução do uso através do aprendizado e treinamento.

O impacto causado no comportamento de toda a cadeia de projetos e produção é grande, e toda a rede é atingida de forma estrutural, com a inserção de inúmeros e distintos novos níveis de atuação, porém com exigências diretas de **integração**,

interligação e inter-relacionamento, normalmente não exigidos em todos os tipos praticados de projetos. A integração se mostra tão intensa que um produto ou edifício já podem ser materializados diretamente de um espaço digital virtual para o mundo físico real (fabricação aditiva).

Como exemplo, Wang e Song (2017) citam que um dos principais aspectos impulsionadores da adoção da Classe BIM (*Building Information Modeling*) é o nível de sucesso dos usuários após a fase de treinamento, o que muitas vezes pode definir o grau da intenção de continuidade de implementação da tecnologia. Ou seja, o comportamento dos usuários de BIM tem um impacto significativo no nível de sucesso da implementação do BIM.

Kelly (2017) diz que, atualmente, no cerne de toda grande e importante mudança na vida, encontra-se uma tecnologia digital de algum tipo. Se forem consideradas como aceleradoras dos processos de humanidade, tem-se uma situação de processo contínuo de transformação que altera a percepção entre “**o que poderia ser**” e “**o que é**”, ou seja, tal processo cria uma mistura de possibilidades com fatos. **Tudo se encontra em fluxo.** Para Kelly (2017), essa inevitabilidade define que a natureza das tecnologias digitais carrega um viés que aponta para determinadas direções, mas que só se tornam evidentes e destacadas após a sua aceitação e utilização, evidenciando potenciais para que forças coletivas (sociais ou de “Estado-Mercado”) estabeleçam desdobramentos dos contornos gerais das formas tecnológicas. Por envolver mudanças comportamentais, na maioria das vezes, é muito difícil voltar ao modo anterior.

Em meio a isso tudo, encontram-se os projetos, os atores dos projetos, os empreendedores, aqueles que ensinam sobre projeto e as pessoas para as quais os projetos são desenvolvidos. Todos são influenciados por esses vieses transformadores inerentes à adoção das tecnologias digitais.

São várias as premissas de complexidade relacionadas com a busca pela compreensão das mudanças conceituais e comportamentais relacionadas aos projetos, podendo-se considerar como elementares:

- A particularidade dos objetivos pelos quais os projetos são iniciados;
- as possibilidades de respostas hábeis específicas e passíveis de transformações imediatas para a sociedade;

- os papéis dos atores relacionados à AED (os especialistas de projeto e/ou produção);
- os territórios nos quais os resultados serão implementados;
- os usuários (os não-especialistas e os usuários finais) desses territórios;
- a possibilidade de apropriação de tecnologias digitais disponíveis.

No tocante às tecnologias digitais disponíveis, também se deve se preocupar com quais serão as classes e os tipos de tecnologias envolvidas, o grau de disponibilidade e o grau de aprendizado necessário para a utilização produtiva.

1.3.4 - O problema da redefinição dos espaços de atuação

Outra abordagem sobre os impactos da adoção de tecnologias digitais se baseia em uma redefinição conceitual para os termos espaço e território, que acumularam novas funções e aplicações desde o começo da digitalização. Novas formas de se perceber os espaços surgiram, com novos conceitos, tais como ciberespaço e ubiquidade.

Para Haesbaert (2009), o território pode ser concebido a partir da imbricação de múltiplas relações de poder: do poder mais material das relações econômico-políticas ao poder mais simbólico das relações de ordem cultural. O autor afirma ainda que território e territorialidade dizem respeito à espacialidade humana, possuindo perspectivas adaptadas por Ciências distintas. Para Levy (1999), o ciberespaço é definido como o espaço de comunicação formado pela interconexão mundial dos computadores e constituindo um espaço virtual de trocas simbólicas.

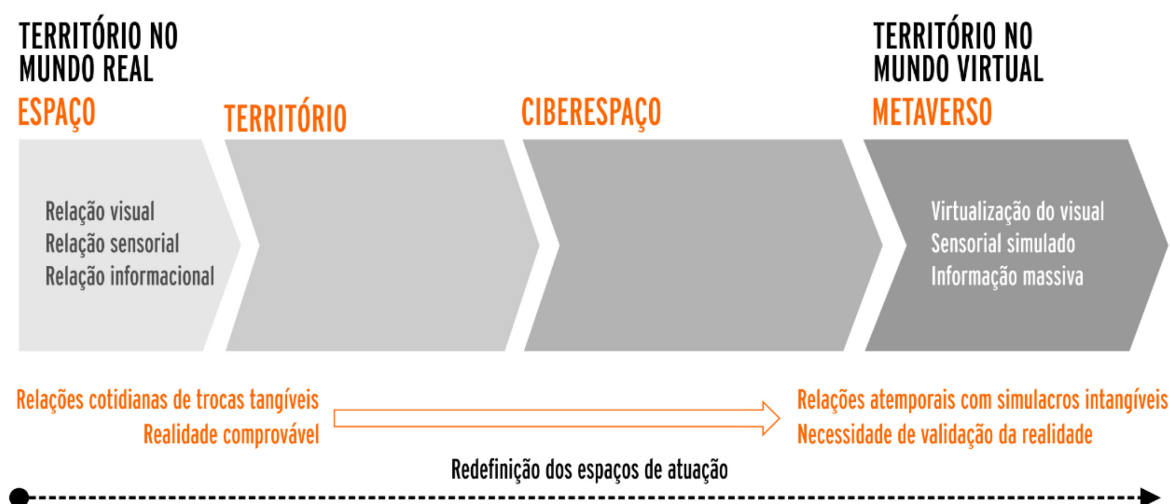
Levy (1999) relaciona as tecnologias digitais à construção de um novo espaço de sociabilidade, o qual envolve alterações profundas na maneira de pensar, de dar sentido ao mundo, de se relacionar e reorganizar a sociedade. Segundo o autor, atuar no ciberespaço exige uma nova forma de lidar com o conhecimento, sendo necessário que se refaça a experiência, recriando o mundo a partir de novos olhares. É necessária uma nova epistemologia para compreender os novos espaços.

Isto requer uma transição que trata do conceito de **território no mundo físico**, onde a vida segue cotidianamente com uma relação visual + sensorial + informacional direta do mundo real para um novo conceito que migra para um **território intangível**, no qual a vida é cotidianamente induzida por corporações digitais com uma perda gradual do visual + sensorial + informacional do mundo real.

Esse contexto apresenta um outro importante ponto de análise associado ao grau de distribuição da tecnologia pelo espaço/território utilizado pelos usuários no mundo real: a **ubiquidade**, que é a característica do que existe ou do que está em praticamente todos os lugares.

A Figura 3 apresenta esse cenário.

Figura 3 – Processos de redefinição dos espaços de atuação



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

A ubiquidade apresenta forte fator de crescimento em função do desenvolvimento das tecnologias digitais. De acordo com Meadows (2011), existem robôs em todas as partes do planeta que soldam e constroem nas fábricas, limpam as casas e acompanham as pessoas. Também de forma ubíqua, controla-se aviões e satélites, conduz-se carros e metrô e atende-se virtualmente.

As implementações de projeto possuem como característica uma relação direta com um espaço ou com um território disponível; portanto, para validar a eficiência do que seria um projeto de futuro próximo, mostra-se necessário identificar (ou definir) as características elementares desse lugar.

Projetos focados em **territórios específicos**, com soluções específicas para problemas localizados, podem resolver diretamente os problemas sociais, com soluções para um local que é “usado” por uma população.

Santos (1986) define que a ideia de “território usado” pode ser mais adequada à noção de um “território que está em mudança”, de um “território em processo”. Para o autor, essa ideia surge como uma chave que une as noções de tempo e espaço, gerando um todo único no qual o projeto aparece como ação futura e o passado como evento

já realizado. Ou seja, o “passado localizado” traz à tona o conceito de herança e, ao projeto, atribui-se o papel de agente transformador de futuro. Acrescenta-se dinamismo ao conceito, fazendo com que a territorialidade seja vista como o lugar do exercício, um lugar de dialéticas e contradições.

Uma das proposições desta pesquisa está na definição do que seria o desenvolvimento de um projeto que fosse aplicável e implementado em um curto período de tempo, respeitando um passado localizado de um território em uso e em mudança.

1.3.5 - O problema da complexidade sistêmica envolvida

A definição da extensão sistêmica na qual se encontra esta pesquisa, propondo e/ou considerando a existência de uma nova forma de se projetar em função de todas as alterações e impactos causados pela adoção de tecnologias digitais, define o grau de complexidade envolvido. Identificar e analisar as interligações de todas as dimensões existentes indicam os requisitos prioritários relacionados à compreensão da complexidade sistêmica existente.

Essa pretensão de análise e representação (modelagem) encontra em Le Moigne (1995) sua maior sustentação, posto que o trato da complexidade exige um intenso trabalho de acúmulo de informação, seguido de outro intenso trabalho de distinção: *“a simplificação impõe disjuntar e reduzir e a complexidade ordena juntar e distinguir”*.

Amaro (2008) define que complexidade é o fato de que existem mais possibilidades do que a capacidade de que todas venham a se realizar, sendo justamente a seletividade que impede o colapso das unidades complexas.

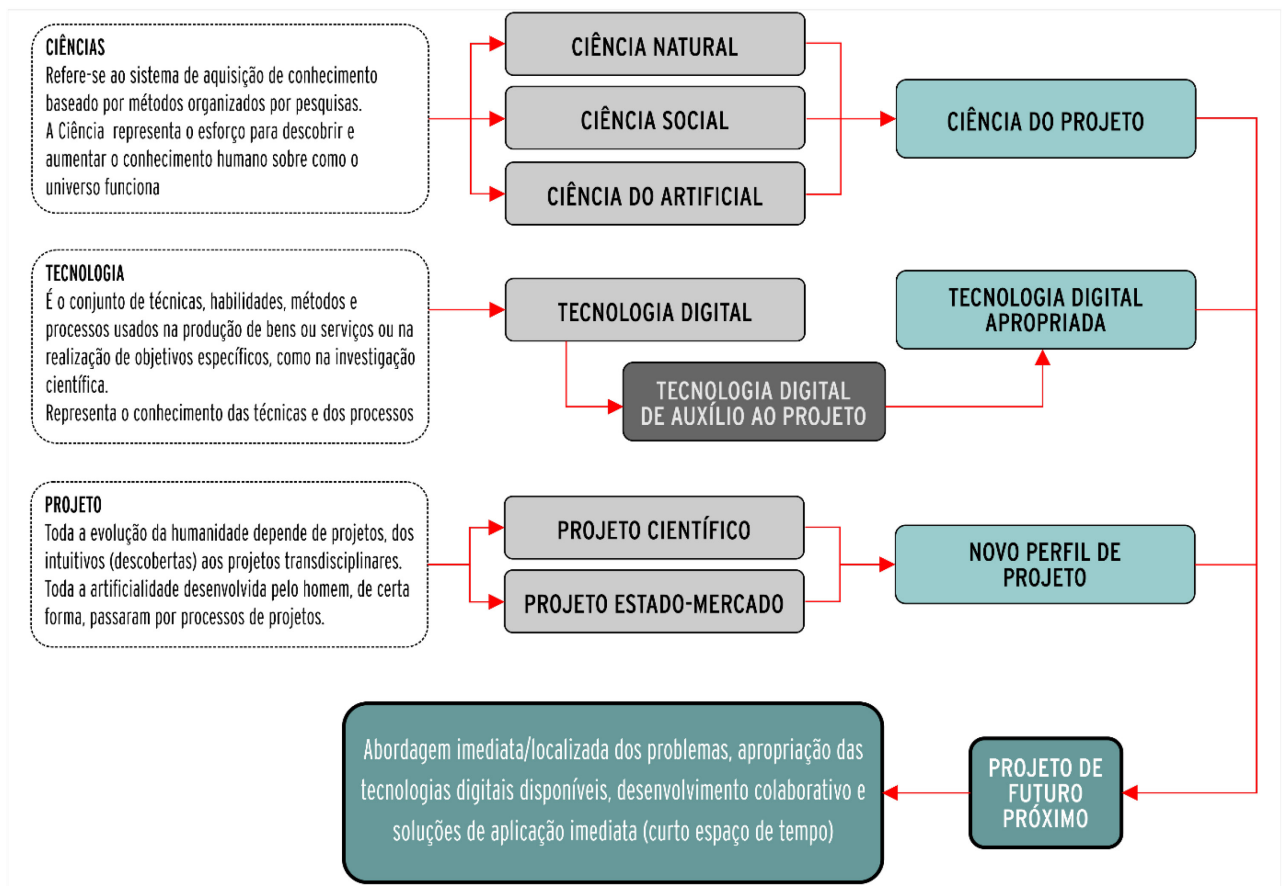
Morin (2011) lembra que a complexidade faz apelo à estratégia, recomendando que nunca se deve pensar em “fechar rigidamente” os conceitos, e que sempre se deve reestabelecer as articulações entre os conceitos disjuntos.

Identificar e compreender os objetos e/ou sistemas do mundo e suas relações mais relevantes é o que propicia a compreensão da complexidade. Compreender essa complexidade se mostra relevante, mas exige uma ampliação substancial nos limites da observação do fenômeno a ser abordado.

De acordo com Vassão (2010), é muito importante para os profissionais de AED uma urgência na compreensão das complexidades envolvidas em suas práticas de projeto.

Um dos motivos é a migração para a “computação ubíqua”, distribuída e incorporada ao ambiente construído, cada vez mais abrangente, a partir da qual os projetos se tornam mais dependentes de tecnologia digital. Para interpretar e tornar acessível a compreensão dessa complexidade contemporânea, Vassão (2020) afirma ser necessário apropriar-se de alguns fundamentos filosóficos das Ciências exatas, da computação, da matemática e da cibernética. Por outro lado, a filosofia contemporânea transforma esses fundamentos em coisas móveis, produzidas pela subjetividade e aberta às polêmicas - uma oposição epistemológica. Os projetos contemporâneos acontecem, então, na intercessão dos fundamentos das Ciências tradicionais com o avanço tecnológico da computação ubíqua e com o embate epistemológico sobre os desdobramentos de tudo isso. Na sociedade, segundo Vassão (2010), produz-se, ainda, um cenário no qual se mostra necessário a definição do papel do projeto como uma força na sociedade, com potência política e engajamento, envolvendo ética de colaboração e produção distribuída.

Figura 4 – As ideias teóricas, dimensões e proposições primárias da pesquisa



Todo esse cenário representa (ou exige) uma nova forma de se projetar. A Figura 4 representa essa extensão sistêmica.

A estrutura de abordagem apresentada destaca que esta pesquisa se baseia na ideia teórica inicial de que a artificialidade, que define um novo cenário para os projetos (na dimensão Ciência dos Projetos), resulta do relacionamento direto das Ciências Tradicionais (nas dimensões Ciências Naturais e Ciências Sociais) com a Ciência do Artificial. Soma-se a premissa teórica que relaciona o desenvolvimento das tecnologias digitais como sendo o principal fator de evolução científica contemporânea. Isso exige uma compreensão criteriosa sobre qual é o tipo e a extensão daquelas TDs que realmente atuam como possibilidade de uso em projetos, com resultados de aplicações.

Esse novo tipo de projeto se baseia na abordagem “imediata/localizada” dos problemas, na apropriação das tecnologias disponíveis, no desenvolvimento colaborativo e nas soluções de aplicação imediata em curto espaço de tempo (a dimensão Projeto de Futuro Próximo – *Design for Near Future*).

Para a representação da complexidade analisada e modelada para a compreensão de uma nova prática projetual foram desenvolvidos uma série de *frameworks*. De acordo com Johnson (1997), um *framework* é a representação de um sistema ou parte dele, com funções relevantes por representar uma interface para os modelos de complexidade e modelos de estruturas que podem fornecer especificações, processos de implementações e estruturações prévias para um desenvolvimento de codificação e/ou algoritmos.

2 O procedimento metodológico

Para Dresch et al. (2015), uma pesquisa pode ser definida como uma investigação sistemática, cujo objetivo central é o desenvolvimento ou refinamento de teorias, podendo resultar na solução de problemas. Uma das diferenças conceituais entre as pesquisas básicas (pesquisas puras) e as pesquisas aplicadas está na temporalidade da aplicação e na atuação dos resultados. Quivy e Campenhoudt (2005) comentam que, no que diz respeito às investigações sociais, o que importa, acima de tudo, é que o pesquisador seja capaz de conceber e de pôr em prática um dispositivo para a elucidação do real, isto é, no seu sentido mais lato, adotar um método de trabalho. Entretanto, esses autores alertam que uma pesquisa não representa uma sucessão de métodos e técnicas estereotipadas. Não basta aplicar tais métodos e técnicas tal e qual se apresentam nas metodologias, mesmo que em uma ordem imutável, para se ter uma pesquisa. A escolha, a elaboração e a organização dos processos de trabalho variam com cada investigação específica, e segundo Quivy e Campenhoudt (2005), os resultados esperados serão uma melhor compreensão dos significados de um acontecimento ou conduta, interpretando inteligentemente o ponto da situação e das lógicas de funcionamento, de forma a se permitir tornar visíveis alguns fundamentos das suas representações.

Por conta disso, toda a estruturação de uma pesquisa deve ter uma relação direta com as definições necessárias para se conceber esse dispositivo de representação e elucidação da realidade, mesmo que demonstre, de forma preliminar, o cenário sistêmico sobre o qual estarão demonstrados os objetivos, as proposições e as hipóteses da pesquisa. Para Quivy e Campenhoudt (2005), os conhecimentos constroem-se com o apoio de quadros teóricos e metodológicos explícitos, lentamente elaborados, constituindo um campo pelo menos parcialmente estruturado e apoiado pela observação dos fatos.

2.1 O limite da pesquisa

A identificação dos limites de uma pesquisa é parte relevante para a compreensão de sua complexidade. Para esta pesquisa, a identificação desse limite e a construção do conhecimento se originam em análises sobre Ciência Tradicional e Ciência do Projeto. Aborda-se as tecnologias e sua artificialidade (destacando as TDs) relacionadas aos processos da prática projetual e às mudanças comportamentais da sociedade. A partir

disso, propõe-se novos procedimentos e um novo “lugar de atuação” para uma nova prática projetual; ou seja, a proposta de um Projeto para um Futuro Próximo (PpFP) ou *Design for Near Future* (DfNF).

Nesse caso, a ideia de “Futuro Próximo” diz respeito ao período proposto de cinco (5) anos para implementação dos resultados dos projetos. Esse tempo está relacionado às médias de prazo de disponibilização do conhecimento científico para uso prático em projetos. Esta proposição se baseia nos seguintes períodos médios:

- de crescimento do número de citações das publicações científicas de alto nível;
- de disponibilização da informação protegida (patente, propriedade intelectual);
- de migração entre sistemas existentes e suas respectivas evoluções tecnológicas (melhores performances de hardware, atualizações de softwares, disponibilização de inteligência artificial etc.).

Importante citar que o termo proposto, *Design for Near Future*, não deve ser confundido com alguns projetos em desenvolvimento, como os projetos do *Near Future Laboratory* e sua metodologia Design Fiction² ou o conceito de *Critical Design*³.

2.1.1 - As Dimensões, os Limites e os Domínios abordados

As Ciências, as Tecnologias e os Projetos representam as principais dimensões desta pesquisa. Porém, para uma análise da complexidade sistêmica envolvida, outras duas dimensões são necessárias e incorporadas: a) os Territórios e b) o Meio Ambiente.

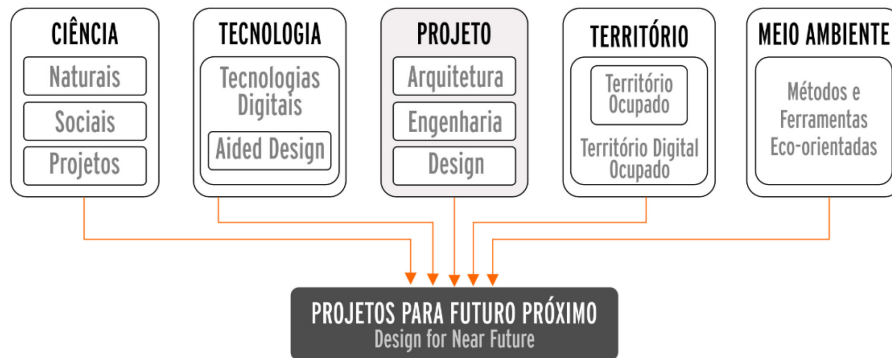
Ao se abordar relacionamentos sistêmicos, deve-se considerar a identificação das Dimensões, dos Limites e dos Domínios de cada uma das disciplinas envolvidas; ou seja, um desenvolvimento interdisciplinar exige ações de tradução dos comportamentos dos domínios dos sistemas que se relacionam (Gomes; Pereira, 2014).

A Figura 5 apresenta o mapa de relacionamento das cinco dimensões analisadas pela pesquisa.

2 De acordo com Bleecker et al. (2022), o Near Future Laboratory (2024) ou NEFULA é um laboratório de Design focado na metodologia Near Future Design que atua com o objetivo de transformar a percepção de possibilidades, a fim de promover melhor compreensão de futuros desejáveis e preferíveis. A metodologia Design Fiction (2023) propõe a prática de criação de protótipos tangíveis e evocativos de produtos em possíveis futuros próximos para ajudar a descobrir e representar as consequências da tomada de decisões.

3 De acordo com Dunne (2005), Critical Design descreve uma abordagem que usa ficção para propostas de Design Especulativo, desafiando suposições e concepções sobre o papel que os objetos desempenham na vida cotidiana. A metodologia é influenciada por uma ampla gama de disciplinas, incluindo estudos culturais, teoria social e filosofia.

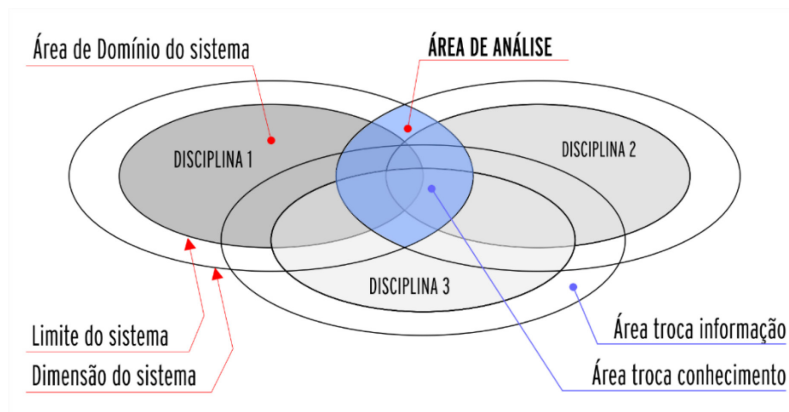
Figura 5 – Representação do limite de atuação da pesquisa: as 5 Dimensões principais.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Essas áreas de tradução definem uma atuação interdisciplinar na forma de *processos de integração*. A Figura 6 apresenta o diagrama básico para um exemplo de ordenação de disciplinas, suas áreas de domínio, seus limites e dimensões de atuação em um sistema global.

Figura 6 – Exemplo das Dimensões, Limites e Áreas de intercessão em sistema interdisciplinar.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020, baseado em (Gomes; Pereira, 2014).

O limite é definido pela linha limítrofe da especialização de um ator ou grupo dentro de uma disciplina. A intercessão de duas áreas de troca de informação (dimensão-dimensão) caracteriza um desenvolvimento sequencial colaborativo e a intercessão de duas áreas de conhecimento (ou áreas de especialização intensa - limite-limite) caracteriza um desenvolvimento concorrente.

A representação das dimensões para cada par de sistemas de disciplinas no arranjo básico dimensão-dimensão define uma unidade de complexidade dentro do sistema global.

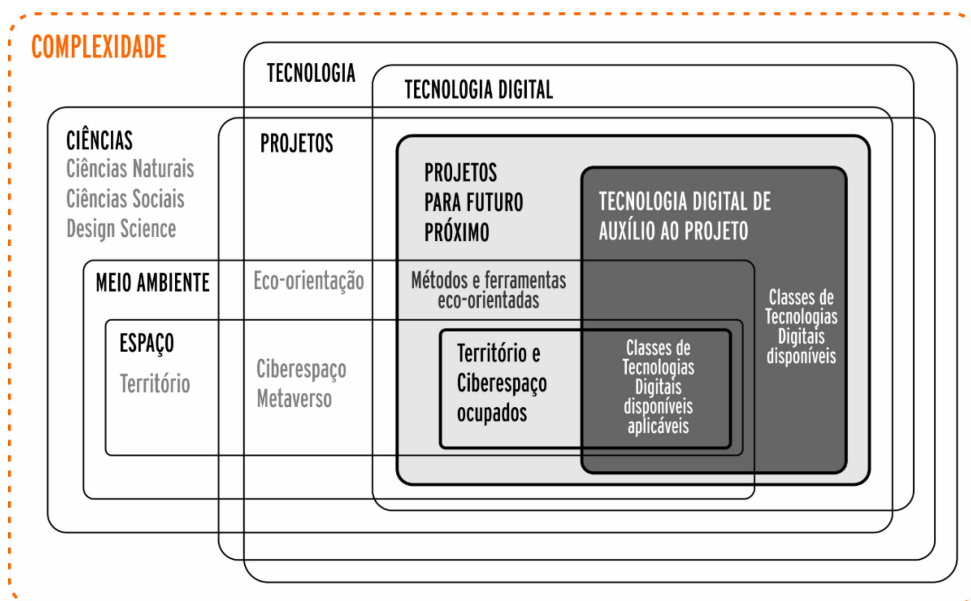
Os principais atores abordados são os especialistas da AED, mas também se considera o papel dos não-especialistas. Os atores interagem com os sistemas, inclusive assumindo outros papéis, tais como, o usuário, o operador, o modelador (observador) etc., em função do objetivo de sua atuação, seu poder de decisão e sua especialização (Gomes; Pereira, 2014).

Nesta pesquisa, buscou-se abarcar o máximo de unidades de complexidade, ou pares de relacionamentos relevantes nas abordagens dos fenômenos, sem uma redução na compreensão da complexidade envolvida; ou seja, interessa toda a gama de relações e alterações provocadas ao ato de projetar pela adoção dos auxílios computadorizados e TDs relacionadas.

Um cenário inicial de atuação é construído a partir da abstração dos relacionamentos das dimensões básicas, adotando o princípio de classificação, no qual as dimensões são representadas por regiões de forma que todas as relações lógicas possíveis entre as suas classes possam ser visualizadas em um mesmo diagrama.

A Figura 7 permite a visualização dos limites desta pesquisa ao representar o cenário no qual foram desenvolvidos os modelos de complexidade a partir das análises dos relacionamentos das dimensões definidas. As regiões ou áreas representam as classes, e suas relações propiciam a representação das intercessões entre as dimensões.

Figura 7 – Representação dos limites da pesquisa .



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

O processo de desdobramento dos conteúdos representa as mudanças na resolução da observação, de forma a se “ampliar” a visualização dos relacionamentos internos do sistema, o que propicia “ver” seus limites e domínios, tornando possível identificar as distinções dentre os objetos, sistemas, atores e disciplinas envolvidos no fenômeno a ser pesquisado. Ao se “observar” por dentro das dimensões, identifica-se áreas afins e/ou classes que interessam aos modelos de complexidade. Ao se identificar essas classes, torna-se possível identificar as abordagens pelas quais se darão as análises.

Importante citar que esse processo representa as duas principais ações necessárias para a compreensão da complexidade existente em um sistema: a) a **junção** e b) a **distinção**. De acordo com Le Moigne (1995), a **junção** refere-se ao processo de integração ou conexão de diferentes elementos ou perspectivas para compreender a complexidade de um sistema. Envolve considerar os relacionamentos, interações e dependências entre vários componentes. Ao unir diferentes aspectos, pode-se compreender a natureza holística do sistema. Essa abordagem é comum em estudos interdisciplinares que visam abordar problemas complexos do mundo real. Le Moigne (1995) completa que **distinguir** envolve reconhecer e diferenciar vários elementos ou aspectos dentro de um sistema complexo. O autor se concentra na identificação de características, padrões ou propriedades exclusivas de diferentes componentes. Ao distinguir esses elementos, pode-se compreender melhor as suas contribuições e papéis individuais dentro do sistema complexo. Essa abordagem é muito utilizada em campos como a sociologia ou a psicologia, nos quais os investigadores analisam os comportamentos ou características distintas dos indivíduos dentro de um contexto social mais amplo.

2.2 Referencial metodológico

De acordo com Grawitz (1975), nas Ciências Tradicionais, em qualquer investigação ou aplicação de caráter científico, está implícita a utilização de procedimentos operativos rigorosos, bem definidos, transmissíveis, suscetíveis de serem aplicados e adaptados a um tipo de problema ou fenômeno em questão. Ou seja, uma metodologia descreve a atividade crítica dirigida pelos cientistas para os procedimentos, teorias, conceitos e descobertas produzidos pela pesquisa. Para Outwaite e Bottomore (1996), metodologia não deve ser confundida com “tecnologia”, isto é, a atividade de lidar com as técnicas, dispositivos e fórmulas utilizados pela

pesquisa científica. Ela é importante porque representa um caminho essencial (embora, não exclusivo) através do qual se efetua o progresso científico, podendo assumir a forma de uma crítica sistemática das noções, conceitos, inferências a partir de dados, ou modelos de comportamento. Para Van Amstel (2022), metodologia é o estudo crítico dos métodos a partir de uma perspectiva teórica. Grawitz (1975) define que o método é uma concepção intelectual que coordena um conjunto de operações, podendo assumir diversas técnicas. Os métodos científicos representam perspectivas ou premissas sobre como o conhecimento é construído, definindo uma acomodação intelectual para o objeto de estudo. Para Van Amstel (2022), método é uma estrutura coerente de técnicas necessárias para atingir um resultado. O autor define ainda que ferramenta é um artefato psicológico ou físico que amplia a capacidade de ação, oferecendo o suporte prático de validação com ações específicas e/ou adaptadas. A Figura 8 apresenta os critérios dessas definições:

Figura 8 – Metodologia, métodos e ferramentas.

| Metodologias | Métodos | Ferramentas |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ● Estudo crítico dos métodos a partir da perspectiva teórica. ● Teoria é fundamental ● É mais que processo | <ul style="list-style-type: none"> ● Estrutura coerente de técnicas para atingir um resultado. ● É mais que prática | <ul style="list-style-type: none"> ● Podem se encaixar em vários métodos e metodologias. ● Tem ação específica formalizada, mas pode ser adaptada |
| <ul style="list-style-type: none"> • visão de mundo • leitura de situação • base teórica • experiência prática • formalização do conhecimento • comunicação de pares • atitude e ética (o que fazer com isso?) | <ul style="list-style-type: none"> • atitudes que se demonstrem eficazes • sequencia de experimentos • definição de etapas e passos • avaliação de resultados | <ul style="list-style-type: none"> • composta de um conhecimento formal • colocado à mão • adaptável • tem funcionalidades genéricas • possuem modo de operação eficaz • pode ser automatizada (+ fácil) |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020, adaptando Grawitz, Outwaite e Van Amstel, 2015.

A esta pesquisa, interessa a identificação de pontos de discussão pertinentes aos relacionamentos entre as dimensões, bem como assumir o propósito de gerar análises e modelos de complexidades relacionados, tornando necessária a adoção de métodos e ferramentas que possam auxiliar na estruturação e no desenvolvimento válidos e pertinentes aos objetivos dessa pesquisa.

A estruturaco, segundo Grawitz (1975),  um dos pontos essenciais e mais difíceis da pesquisa, sobre a qual tudo repousa. Ela pode ser dividida em trs etapas tcnicas:

- comea com a ideia da investigao
- continua com a investigao da definio provisria e
- termina com a formao do conceito que orienta toda a investigao.

Dizer isso  descrever um sistema geral, abstrato, quase externo. Representa um imperativo sem um modo de uso.

Dresch et al. (2015) definem que o ponto de partida para a realizao de uma pesquisa cientıfca  a definio de uma razo que d inıcio  investigao, bem como a definio do objetivo que se pretende atingir. Para isso, o pesquisador deve escolher o mtodo cientıfco que ir orientar a sua pesquisa. O mtodo cientıfco sofrer influncia direta do ponto de partida da pesquisa em si; ou seja, torna-se relevante se uma pesquisa teve inıcio com a observao da realidade ou se comeou com a identificao de uma lacuna terica. Determinados o objetivo da pesquisa e a abordagem que iro orientar a investigao,  necessrio decidir qual mtodo cientıfco melhor se aplica  conduo da pesquisa.

2.2.1 - O objetivo sistmico da pesquisa

A partir de um cenrio inicial apresentado e primariamente estruturado nas relaoes entre as Dimensoes, Classes e Relacionamentos, um objetivo principal  proposto:

- **A criao de uma representao da complexidade (*framework*) sob a qual acontecem as atividades projetuais, a partir do uso de tecnologias digitais disponıveis de auxılio ao projeto, direcionadas a resultados que possam ser implementados em curto espao de tempo.**

A definio de um objetivo como principal tem relao direta com a abrangncia da proposta da pesquisa (na realidade, um objetivo sistmico), resultado de uma juno de assuntos pertinentes dentro de um limite amplo de observao.

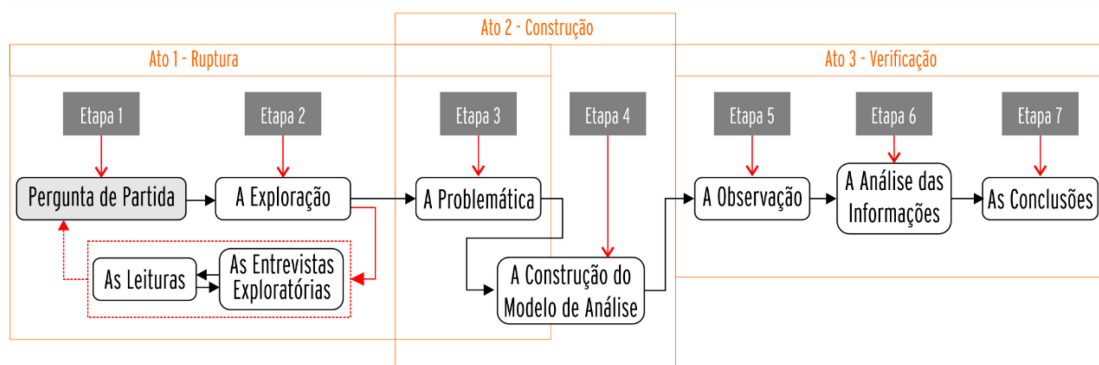
2.3 A pergunta de partida

A metodologia proposta por Quivy e Campenhoud (2005), fundamentalmente, define que o problema do conhecimento cientıfco se pe da mesma maneira para os

fenômenos sociais e naturais. Uma complementação é indicada por Dresch et al. (2015) ao afirmarem que, em ambos os casos, há hipóteses que devem ser confrontadas com dados de observação ou de experimentação, considerando alguns princípios estáveis e idênticos.

A Figura 9 apresenta esta estrutura.

Figura 9 – Diagrama com as etapas do procedimento Quivy-Campenhoud.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020, baseado em Quivy e Campenhoud, 2005 p.27.

Mas todos concordam que expor o conhecimento científico consiste em descrever os princípios fundamentais para pôr uma investigação em prática. Em sua metodologia, Quivy e Campenhoudt (2005) indicam que o procedimento para isso é definido a partir de três atos: a ruptura, a construção e a verificação. Os autores esclarecem que o primeiro meio de pôr em prática uma pesquisa científica está na formulação de uma boa pergunta de partida, que ajuda na ruptura com os preconceitos e com noções prévias, auxiliando o investigador no entendimento do que realmente ele procura saber. Também descreve que pesquisar é procurar por um melhor conhecimento, que deve ser aceito como tal, com todas as hesitações, desvios e incertezas que isso implica. Criar e usar uma boa pergunta de partida funciona como uma correção de rota no desenvolvimento. Assim sendo, formulou-se a seguinte pergunta de partida:

Como representar a complexidade ligada aos processos projetuais auxiliados por tecnologias digitais disponíveis em um novo contexto de projeto?

A pergunta de partida representa a primeira etapa proposta por Quivy e Campenhoud (2005), a qual ressalta a importância de se observar três qualidades que a validam:

- Clareza: diz respeito à precisão e à concisão do modo de formular a pergunta de partida, devendo ser precisa, unívoca e concisa;

- Exequibilidade: diz respeito ao caráter realista ou irrealista do trabalho que a pergunta deixa entrever, devendo ser realista e adequada;
- Pertinência: diz respeito ao registro em que se enquadra, devendo ser uma pergunta verdadeira, ter intenção de compreensão dos fenômenos estudados, abordar o que existe e basear a mudança no funcionamento, não devendo julgar valores nem ser moralizadora, não devendo ter uma resposta pré-concebida e devendo construir uma descrição (Quivy; Campenhoudt, 2005, p. 35-44).

2.4 A exploração

Para se atingir o objetivo principal, *i.e.* a abordagem de inúmeras relações, a exploração destas fornece informações de qualidade para validações de proposições e representa etapa prévia para o processo de conceituação da pesquisa.

Para Quivy e Campenhoudt (2005), a etapa de exploração comporta:

- a) as operações de leitura, nas quais se assegura a qualidade da problematização,
- b) as entrevistas exploratórias e
- c) alguns métodos de exploração complementares, com os quais se busca o contato com a realidade da investigação.

2.4.1 - As operações de leitura: a revisão da literatura relacionada

As evoluções de tecnologia no mundo moderno são evidentes e o altíssimo grau do atual avanço do desenvolvimento é inquestionável. Mas os problemas do mundo ainda persistem, sendo que resquícios de problemas passados, problemas emergentes e projeções de problemas futuros são constantes. Qualquer estudo exige uma análise sistêmica do cenário de atuação dos problemas. Isso amplia em muito a exigência de leitura, de forma abrangente. Como garantia de se abordar os contextos relevantes à pesquisa, estruturou-se as seguintes abordagens para a revisão de literatura:

- a) Contexto da construção histórica das Ciências e Tecnologias contemporâneas;
- b) Contexto da construção de uma integração das discussões sobre a evolução das Ciências e do Desenvolvimento Tecnológico;
- c) Contexto da construção de uma compreensão sobre a utilização futura dessa integração.

2.4.1.1 - A necessidade da pesquisa histórica do contexto das Dimensões

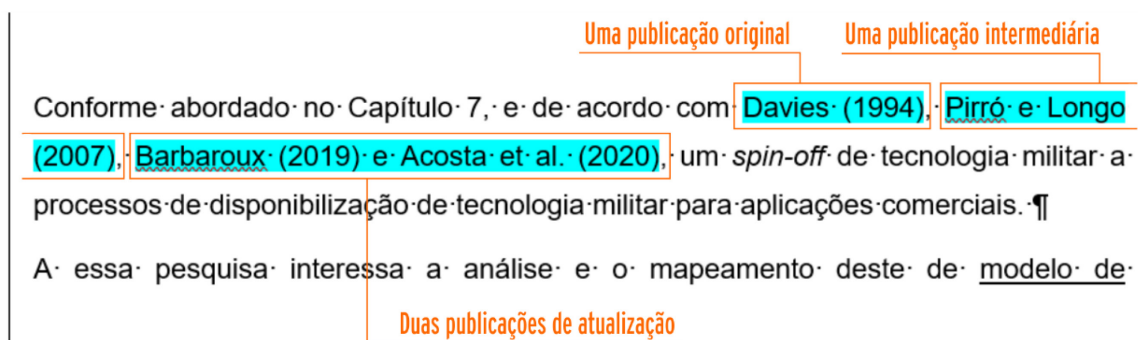
Importante observar que para uma análise relacional que envolva os cinco eixos propostos (ver Figura 5, pág. 37), mostra-se necessária uma ordenação histórica cronológica visando a construção do contexto para os propósitos desta análise, o que exige uma busca ampla por informações, de forma a representar os estados de tempo Passado, Presente e Futuro, relacionando a evolução da Ciência e o Desenvolvimento Tecnológico.

Portanto, na exploração e investigação dos conteúdos relevantes à pesquisa, propõe-se a seguinte abordagem:

- a) A exploração dos conceitos consolidados para as abordagens das cinco dimensões foi realizada a partir de dicionários de Filosofia (como por exemplo, para o conceito de Ciências, ou de metodologia);
- b) A exploração dos processos de evolução e/ou desenvolvimento consolidados para as abordagens das cinco dimensões foi realizada a partir de **publicações originais** (garantindo a análise de contexto do passado), de **publicações influenciadas pelas originais** (garantindo a análise de contexto do presente) e de **publicações disponibilizadas nos últimos cinco (5) anos** (garantindo a análise de contexto do presente imediato e do futuro planejado).

A compreensão desta proposta de pesquisa se mostra relevante em função de existirem no texto inúmeras referências datadas por mais de cinco anos de publicação, mas que, mesmo assim, mostram-se de extrema importância para a construção do entendimento histórico das dependências e das mudanças de comportamento que o uso das tecnologias digitais promoveu. A Figura 10 apresenta um exemplo do descrito.

Figura 10 – Exemplo da proposta de exploração descrita



2.4.1.2 - Construção histórica das Ciências e tecnologias contemporâneas

A abordagem se dá pelo contexto histórico relacionado às evoluções e às revoluções das Ciências, da Tecnologia e do pensamento filosófico relacionado.

Quadro 1 – Exploração de leitura - Construção histórica das Ciências e Tecnologias

| DIMENSÕES: Ciências Tradicionais, Design Science, Tecnologia Digital, Território e Ecodesign | | | |
|---|---|---|--|
| Proposições | Autores | Conceitos | Tópicos de interesse |
| Evolução Científica nas Ciências Tradicionais | Karl Popper, Thomas Khun, Margareth Masterman, Imre Lakatos, Lary Laudan e Paul Feyerabend | racionalismo crítico, estrutura das revoluções científicas, crítica às estruturas, a continuidade da pesquisa científica e a tradição das pesquisas científicas | conjecturas, refutações e falseabilidade, paradigmas pesquisa teórica pura e plural a continuidade das ciências |
| A Ciência do Artificial e Ciências Tecnológicas | Herbert Simon, J. Van Aken, Pierry Lévy, Paul Virilio, Kevin Kelly, Eric Drexler, Arturo Tedeschi e Donna Haraway | mundo artificial, pesquisas na ciência do artificial, a tecnologia da inteligência, a tecnologia ubíqua, comportamento tecnológico digital, nanociência, algoritmo e projeto e manifesto ciborgue | ciência do projeto, paradigma da ciência do projeto, polo midiático e comportamento, determinismo tecnológico, tecnologia e mudanças futuras, nanotecnologia e nano sistemas, inteligência artificial, aprendizado de máquina, tecnologia e pós-colonialismo |
| A Sociedade, o Duopólio Estado-Mercado e apropriação | John Raws, Edward Said, Naomi Klein, Noam Chomsky, Hakim Bey, Vandana Shiva e Tim Ingold | direito dos povos, orientalismo, doutrina de choque no capitalismo, ética e universalismo, zona autônoma temporária, biodiversidade e biopirataria, tecnologia digital e cultura | tecnologia e justiça, pós-colonialismo, consumismo e Estado, responsabilidade tecnológica, ativismo tecnológico, quem alimenta o mundo, gene x meme |
| Pós-modernidade, Hipermodernidade e Supermodernidade | Jean Lyotard, Frederic Jameson, Gillian Lipovetisky e David Harvey | condição pós-moderna, cultura do consumo e hipermodernidade | conhecimento como produto, cultura contemporânea, sociedade e hiperconsumo, mudança cultural e comportamento |
| Complexidade, Sistemas integrados e Ecologia | Edgar Morin, Jean Le Moigne, Humberto Maturana, Niklas Lhuman, Dornellas Meadow, Diana Stirling, Van Onck e Caio Vassão | pensamento complexo, modelagem de complexidade, apoiesis e estruturação, sistema social, pensamento sistêmico, modelagem de sistemas complexos e metadesign | caos x ordem, modelagem conceitual, sistemas ecológicos, ordem x ordem social, desenvolvimento e sustentabilidade, alavancagem de sistemas, metaprojeto e metajogo |
| Geoplítica, Territórios e Tecnologia | Milton Santos, David Harvey e Samir Amin | espaço e sociedade, limite do capital e desenvolvimento desigual | território ocupado, capitalismo urbano e teoria do sistema mundo |

| | | | |
|----------------------|---|---|--|
| Meio Ambiente | Borchardt, Lawson e Lofthouse, Cheschin e Charter, Maxwell e Taischi Coutro, Bralla e Boothroyd, Scur, Crowther, Capelli, Pauli e Kurhr | product service system, eco orientações e design for enviroment | diretrizes e ferramentas, design e ambiente, desenvolvimento integrado, análise de impactos, design para fabricação, design para 3Rs e processos de emissão zero |
|----------------------|---|---|--|

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

Nessa fase, a exploração foi feita por leituras diretas das publicações dos autores relevantes para as linhas de discussão e desenvolvimento. A estruturação se deu a partir de proposições de relacionamentos conceituais para as dimensões. O Quadro 1⁴ lista algumas proposições de relacionamento, indicam os autores relevantes, os assuntos desenvolvidos por eles em suas publicações originais. Busca-se por pontos de relacionamentos conceituais, como cisões ou junções dos pensamentos, linhas de pesquisas científicas e os impactos causados à sociedade.

2.4.1.3 - Construção de um contexto de integração das Ciências e Tecnologias

A abordagem repousa no contexto evolutivo e de integração das pesquisas científicas das TDs. A digitalização e virtualização definiram a integração daquilo que no início era identificado com software e hardware.

Ao longo dos anos, a rede mundial, a ubiquidade, a comunicação móvel, as massas de dados na nuvem etc. representaram marcos dessa integração evolutiva. Buscou-se pela identificação das tipologias, classes e arranjos das TDs, o grau de disponibilidade e utilização nos projetos e os impactos causados na sociedade como consequência desse processo. Também foi de interesse, a evolução do pensamento sobre Ciências, TDs e comportamento da sociedade. Nessa fase, a exploração se deu através da utilização de:

- métodos de pesquisa bibliométrica, a partir de repositórios científicos qualificados como CAPES, *Scopus*, *Web of Science*, entre outros, através de artigos científicos Qualis A e B, publicados nos últimos 5 anos (processos de comunicação científica);
- pesquisa em publicações dos desenvolvedores ou fornecedores de TDs, por fontes como manuais, sites oficiais etc. (processos de divulgação científica);

⁴ Algumas das obras citadas são consideradas como leitura complementar, pois não foram utilizadas na composição da pesquisa, consequentemente não sendo indicadas como referências válidas para citação no Tópico Referências.

- análises quantitativas, a partir das ferramentas estatísticas disponíveis nos repositórios científicos;
- análises qualitativas dos sistemas de RSL5, ou Revisão Sistemática de Literatura, através dos softwares *VOSviewer*, *StArt* e *Publish Or Perish*.

2.4.1.4 - Construção de um contexto de utilização futura dessa integração

A abordagem se deu em um contexto da definição de proposições, premissas e hipóteses que foram testadas e validadas, de forma a permitir a construção dos conceitos finais. Buscou-se, a partir da definição de tipologias, classes e arranjos das TDs identificadas, a construção de modelos de representação de complexidade e *frameworks* relacionados. Nessa fase, a exploração se deu de forma similar à construção anterior, utilizando-se bibliometria e RSL, além de sistemas e softwares de modelagem conceitual, geradores de *frameworks* e de programação de códigos disponíveis na rede mundial.

2.5 A problemática

De acordo com Quivy e Campenhoudt (2005), a etapa de problematização define a abordagem ou perspectiva teórica que se decide adotar para tratar os problemas formulados pela pergunta de partida. É o ponto de vista sobre o fenômeno adotado pelo pesquisador que evidencia determinado aspecto em sua abordagem. Portanto, a problemática deve atuar em uma relação de equilíbrio entre a ruptura e a construção, pois a elaboração da problematização consiste em fazer o balanço dos diferentes problemas possíveis, elucidando pressupostos e analisando suas implicações. Para os autores, a etapa deve ser elaborada progressivamente em função da dinâmica própria do trabalho de investigação e confronto crítico das diversas perspectivas que se afiguram possíveis. Na prática, equivale a formular os principais pontos de referenciais teóricos da investigação. Na Pesquisa em Ciência do Projeto (DSR), fase análoga é abordada na etapa Investigação do Problema. Segundo Wieringa (2009), essa etapa foca na decomposição dos problemas e na compreensão das oportunidades de geração de conhecimento científico durante a execução, também distinguindo problemas práticos e teóricos.

5 A prática de Revisão Sistemática de Literatura - RSL utilizada foi adaptada em função da pesquisa não contar com grupos de especialistas para revisões intermediárias e auditagens.

Uma análise cíclica de transformação teórico-prático gera conhecimento e solução para os problemas abordados. Essa ação circular define uma estrutura racional para a avaliação dos fenômenos, possibilitando que alinhamentos conceituais-práticos possam ser adotados. Bax (2015) define que um ciclo regulador é a estrutura geral do processo racional de resolução de problemas, compreendendo:

- análise da situação atual;
- proposição de metas de mudanças (novas ou em curso);
- proposição de possíveis alterações para atingir essas metas;
- avaliação das alterações possíveis;
- seleção e aplicação de alteração;
- reinício do ciclo (Bax, 2015, p. 6).

A construção da problemática desta pesquisa foi apresentada no item 1.3 do Tópico 1 de introdução deste manuscrito (p. 25)

2.6 As hipóteses

As hipóteses são componentes fundamentais que orientam a investigação e fornecem uma estrutura para testar e explorar vários fenômenos. Abbagnano (2007) descreve hipótese como um enunciado (ou conjunto de enunciados) que só pode ser comprovado, examinado e verificado indiretamente através das suas consequências. Portanto, sua característica principal é que não inclui nem garantia de verdade nem a possibilidade de verificação direta. Uma hipótese é aquele enunciado cuja premissa é uma proposição. Sobre a perspectiva da utilização nas pesquisas das Ciências Tradicionais, uma hipótese é uma afirmação que representa uma proposta de explicação ou previsão sobre a relação entre variáveis. As hipóteses são derivadas de teorias ou observações existentes e muitas vezes assume a forma de uma declaração “se-então”. O principal objetivo é orientar a coleta e análise de dados empíricos, visando um aceite ou uma rejeição. De acordo com Grawitz (1975), Simons (1997), Blackburn (2005), Abbagnano (2007) e Audi (2015), nas Ciências Naturais, as hipóteses são formuladas com base em observações e conhecimentos prévios sobre o mundo natural, frequentemente derivadas de teorias e visam explicar ou prever fenômenos naturais, testáveis e falsificáveis. Os testes muitas vezes são quantitativos e mensuráveis. O foco está na compreensão dos mecanismos e princípios subjacentes que governam o mundo natural. Nas Ciências Sociais, hipóteses são

formuladas para explorar fenômenos sociais, comportamento humano e interações sociais, sendo menos focadas na previsão e mais na compreensão das relações, padrões e dinâmicas dentro dos contextos. Para a Ciência do Projeto, Simons (1997) e Dresch et al. (2015) definem que as hipóteses se referem a uma abordagem sistemática para resolver problemas específicos ou atingir objetivos específicos, sendo muitas vezes de natureza prática, visando orientar processos de tomada de decisão. As hipóteses científicas do projeto podem envolver testes de eficácia das intervenções, podem avaliar a viabilidade de certas estratégias ou o impacto dos resultados do projeto. Normalmente, concentram-se mais no contexto do projeto.

Entretanto, Grawitz (1975) afirma que uma observação pode, em rigor, atuar sem uma hipótese de conclusão, mas não consegue atuar sem um conceito que represente o elemento indispensável para toda observação.

2.6.1 - A construção dos conceitos

Grawitz (1975) define que o conceito não é apenas uma ajuda para perceber, mas também representa uma forma de conceber, propiciando organizar a realidade, preservando as características diferentes e significativas dos fenômenos. De acordo com Abbagnano (2007), um conceito é, em geral, todo processo que torne possível a descrição, a classificação e a previsão dos objetos conhecíveis, sendo sua função primeira e fundamental a mesma da linguagem, isto é, a comunicação. Representa uma ideia ou noção geral e abstrata de uma realidade, podendo ser também definido como uma unidade semântica, um símbolo mental ou uma “unidade de conhecimento”. Ainda de acordo com Grawitz (1975), o conceito deve guiar a investigação, procurando, desde o princípio, um ponto de vista, um meio de designar por abstração, de imaginar o que não é diretamente perceptível. Para Quivy e Campenhoudt (2005), esse processo chama-se conceitualização e constitui um dos principais processos da construção do modelo de análise, sendo impossível imaginar um trabalho de pesquisa que não se torne vago, impreciso e arbitrário sem a sua definição.

A conceitualização é mais do que uma simples definição ou convenção terminológica. É uma construção abstrata que visa dar conta do real. Para isso, não retém todos os aspectos da realidade em questão, mas somente o que exprime o essencial dessa realidade, do ponto de vista do investigador. Trata-se, portanto, de uma construção-seleção (Quivy; Campenhoudt, 2005, p. 120).

Segundo Quivy e Campenhoudt (2005), em uma pesquisa científica, o conceito representa e/ou corresponde a um ou mais fenômenos concretos a serem observados e que serão devidamente relacionados na avaliação das hipóteses. Para ele, os conceitos, quando associados aos seus respectivos indicadores, propiciam a definição do tipo correto de informação que deverá ser obtida para teste.

Os Indicadores auxiliam nas identificações dos traços observáveis e dimensionáveis, representando, portanto, referenciais de validação, sendo úteis no momento de se confrontar as observações com as hipóteses. Construir um conceito consiste em analisar e relacionar as dimensões que o constituem (através das quais se dá conta do real) e precisar os indicadores (graças aos quais as dimensões poderão ser mensuradas).

Quadro 2 – Definição de conceitos e indicadores a partir das dimensões.

| Dimensões | Conceitos | Indicadores |
|---------------------------|---|---|
| Tecnologia Digital | Tecnologia Digital disponível Analisar como a nova geração de tecnologias digitais de auxílio aos projetos afeta os desenvolvimentos Identificar os critérios e parâmetros de atuação | - TD auxílio ao projeto - TD auxílio à manufatura - TD auxílio à construção civil |
| | A evolução das tecnologias digitais Pesquisar a evolução das tecnologias digitais Estratificar em função de sua origem, temporalidade, princípio de funcionamento e disponibilidade Identificar as tecnologias disponíveis para apropriação e aplicação imediata na solução de problemas | - Classes das tecnologias digitais - Tipos de tecnologias digitais disponíveis - Evolução futura próxima das tecnologias digitais |
| | Representação das Tecnologias Digitais Representar a evolução e classes das tecnologias Dos bits aos qubits, do sistema binário à computação quântica, do usuário ao avatar, da matriz de pixel ao ciberespaço, do CAD ao BIM, das imagens digitais ao metaverso e do voxel à construção aditiva | - Representação sistêmica - Indicação das sobreposições de tecnologias |
| | Assimetria no uso das Tecnologia Digitais Analisar a transformação do grau de assimetria na aplicação das tecnologias Identificar e representar os limites e cuidados para suas utilizações em projetos | - Grau de assimetria - Algoritmos - Sistemas generativos - Aprendizado de máquina - Inteligência artificial |
| Tecnologia Digital | Aplicação e uso das Tecnologias Digitais Estruturar a aplicação das tecnologias para uso em modelos de projetos compartilhados Analisar modelos de distribuição em rede para os resultados dos novos projetos | - Modelo de representação - Mapeamento de complexidade - Modelos de compartilhamento e distribuição (rede) |
| Complexidade e | Análise da complexidade Utilizar metodologias de abordagem da complexidade para identificação e representação dos relacionamentos relevantes entre as áreas abordadas Abordagem de prática interdisciplinar e transdisciplinar nos novos projetos | - Modelagem complexidade - Representação complexidade - Interdisciplinaridade |
| | Modelagem e representação da complexidade | - Metadesign - Modelagem conceitual |

| | | |
|------------------|---|---|
| | Utilizar métodos e ferramentas de Metadesign e de Modelagem Conceitual para compreensão da estrutura dos relacionamentos Aplicar meios para modelagem dos <i>frameworks</i> ou outros formatos de visualização | |
| | Visualização da complexidade Analisar e diferenciar o conceito e o papel dos territórios como locais de aplicação de projetos localizados específicos para problemas localizados Abordar o conceito de Território ocupado e suas extensões | - Informação distribuída - Infografia - <i>Data Visualizations</i> - <i>Data Science</i> |
| Framework | Modelo de desenvolvimento e compartilhamento Propor a construção de <i>framework</i> de representação para novas práticas projetuais Compartilhamento de ferramenta prática de representação de complexidade sistêmica resultante da prática de projetos auxiliados. | - Metodologia compartilhada - Modelo de complexidade - Modelo de compartilhamento |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

O Quadro 2 apresenta os conceitos definidos para a pesquisa, as indicações das dimensões e os indicadores relacionados.

Ainda segundo Quivy e Campenhoudt (2005), independentemente do método adotado, a construção conceitual leva sempre a uma operação de seleção no real. O problema crucial de toda construção conceitual é, portanto, o da qualidade dessa seleção. Assim, para o conceito sistêmico, a seleção é o produto de uma lógica dedutiva e abstrata, que é considerada a forma mais apta para romper com os preconceitos e com modelos mentais pré-determinados.

2.6.2 - A construção das hipóteses

É importante citar que, apesar de toda sua importância, os conceitos não atuam sozinhos. Quivy e Campenhoudt (2005) afirmam que estes não dizem como estudar os fenômenos, sendo necessário que sejam definidas uma ou mais hipóteses para tanto. Ou seja, uma boa pesquisa não pode ser considerada uma verdadeira investigação se não for estruturada em torno de uma ou várias hipóteses, pois estas se apresentam como respostas à pergunta de partida. Para Quivy e Campenhoudt (2005), uma hipótese é alicerçada numa reflexão teórica e num conhecimento do fenômeno estudado e representa uma pressuposição sobre o comportamento dos objetos reais estudados.

O Quadro 3 apresenta a construção do corpo de hipóteses a partir da identificação dos relacionamentos entre as dimensões indicadas.

Quadro 3 – Corpo de hipóteses

Hipótese 01

Compreensão sobre a disponibilidade e o acesso às tecnologias digitais

A tecnologia digital de auxílio aos projetos provoca mudanças em toda cadeia de pesquisa e desenvolvimento, afetando todos os atores. Mas a apresentação formal dessa tecnologia sempre foi cerceada pelo mercado, pelos desenvolvedores das TDs e toda cadeia de serviços (venda, consultoria, treinamento etc.). É necessário desenvolver abordagens que auxiliem na compreensão das aplicações e disponibilidade das TDs. Uma representação da real estruturação da evolução e possibilidades de uso das tecnologias disponíveis seria útil e passível de aplicação em desenvolvimento e implementações de curto prazo.

Hipótese 02

Entendimento sobre a fragmentação das tecnologias digitais

A pesquisa e o desenvolvimento baseados em TD são disponibilizados no mercado de forma fragmentada, muitas vezes apresentados como inovadoras soluções. É necessário conscientizar aqueles que atuam em projetos como essas tecnologias podem ser integradas, quais são os seus perfis de atuação, suas similaridades e disponibilidades. Isso, para a solução de problemas de projetos, e não para discursos de inovação e mercado

Hipótese 03

Reestruturação dos processos de planejamento e gestão dos projetos e a sobreposição das camadas de tecnologias digitais

No tocante aos processos projetuais, tem-se estruturas formais de organização dos projetos, bem como de gestão de projetos, baseadas em diagramas de mais de 50 anos, muitos deles propostos e validados por corporações proprietárias. Em função da disponibilidade, uso e, até mesmo, dependência das TDs de auxílio ao projeto, torna-se necessário uma otimização e uma reestruturação na forma como são vistos os projetos. Incluir a abordagem da análise sistêmica sobre a complexidade dos cenários de atuação propiciaria o acréscimo de uma camada de compreensão sistêmica orientada a Desenvolvimentos Leves (de baixo impacto ambiental) e à Ecologia Profunda (com melhorias das qualidades de vida e das relações homem x natureza).

Hipótese 04

Representação da complexidade sistêmica envolvida

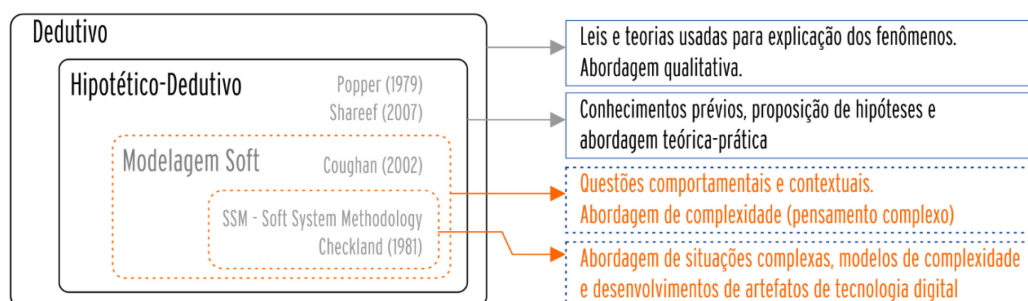
Hoje, os desenvolvimentos exigem que as análises sejam o mais sistêmicas possíveis, ampliando de forma definitiva a necessidade de se abordar toda a complexidade envolvida. Representar essa complexidade através de ferramentas conceituais e frameworks pode propiciar a compreensão sobre como lidar com essa abordagem nos desenvolvimentos dos projetos.

Construir uma hipótese é uma operação que deve inscrever-se na lógica teórica da problemática, além de se constituir como uma resposta parcial ao problema posto (ou seja, a pergunta de partida), mas constituindo um conjunto de abordagens que permite cobrir os diversos aspectos desse problema e também permitindo a construção de uma proposta de um modelo de análise.

2.7 A definição da metodologia de observação

A partir do arcabouço hipotético construído, definiu-se desenvolver a pesquisa sob a abordagem do **Método Dedutivo**, com o qual, a partir de leis e teorias, propõe-se elementos que servirão para a explicação dos fenômenos observados. Segundo Dresch et al. (2015), é possível, através desse conhecimento, desenvolver outros, com o intuito de explicar e prever comportamentos do objeto de pesquisa. Nessa perspectiva, as proposições, premissas e hipóteses representam pontos importantes na construção do conhecimento sobre um objeto de pesquisa. Especificando um pouco mais, definiu-se também o **Método Hipotético-Dedutivo**, caracterizado, segundo Shareef (2007), por propiciar, a partir de conhecimentos prévios, identificar um problema, propor e testar hipóteses que poderão resultar em previsões e explicações. Como método complementar, utilizou-se o **Método Modelagem de Complexidade**, a partir da ferramenta de **Modelagem Soft**, que, de acordo com Checkland (2000), permite tratar situações complexas com a criação de modelos que podem servir de referência tanto para a compreensão dos problemas quanto para apoiar sua resolução, sendo fortemente relacionada aos conceitos do pensamento sistêmico.

Figura 11 – Estrutura dos métodos utilizadas na pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

A Figura 11 representa os limites de atuação dos métodos definidos.

O desenvolvimento da pesquisa foi prioritariamente estruturado e orientado por técnicas de caráter **Qualitativo** em função da natureza exploratória proposta, na qual os fenômenos estudados não se apresentam hábeis para uma operacionalização de variáveis quantitativas. De acordo com Haguette (2013), em alguns casos, a análise qualitativa fornece uma compreensão profunda para os fenômenos observados apoiados no pressuposto da maior relevância do aspecto subjetivo da ação social. Para o desenvolvimento desta pesquisa, buscando a investigação dos elementos da pergunta de partida, foram adotadas as seguintes referências metodológicas:

a) Investigação em Ciências Sociais

De acordo com Raymond Quivy e Luc Van Campenhoutd, como metodologia de pesquisa representante dos métodos oriundos das Ciências Tradicionais.

b) Design Science Research

Herberth Simon, *The Sciences of the Artificial*, atualizado pelo livro de Aline Drescher, como metodologia de pesquisa representante dos métodos oriundos das Ciência Tecnológica do Projeto e do Artificial.

Para as análises e pesquisas relacionadas às dimensões Território e Ecodesign, foi selecionado o seguinte método:

c) Beyond Net Zero – A Systematic Design Approach

De acordo com a Design Council, o método *Além do Net Zero – Uma Abordagem Sistemática de Design* representa uma atualização da reconhecida metodologia *Double Diamond*. Ele é focado na abordagem de temas complexos, como tecnologia, objetivos sociais, sustentabilidade e questões climáticos.

Para as análises, pesquisas e modelagens relacionadas às complexidades envolvidas, tanto na abordagem dos temas quanto no desenvolvimento da pesquisa, foi selecionada a ferramenta:

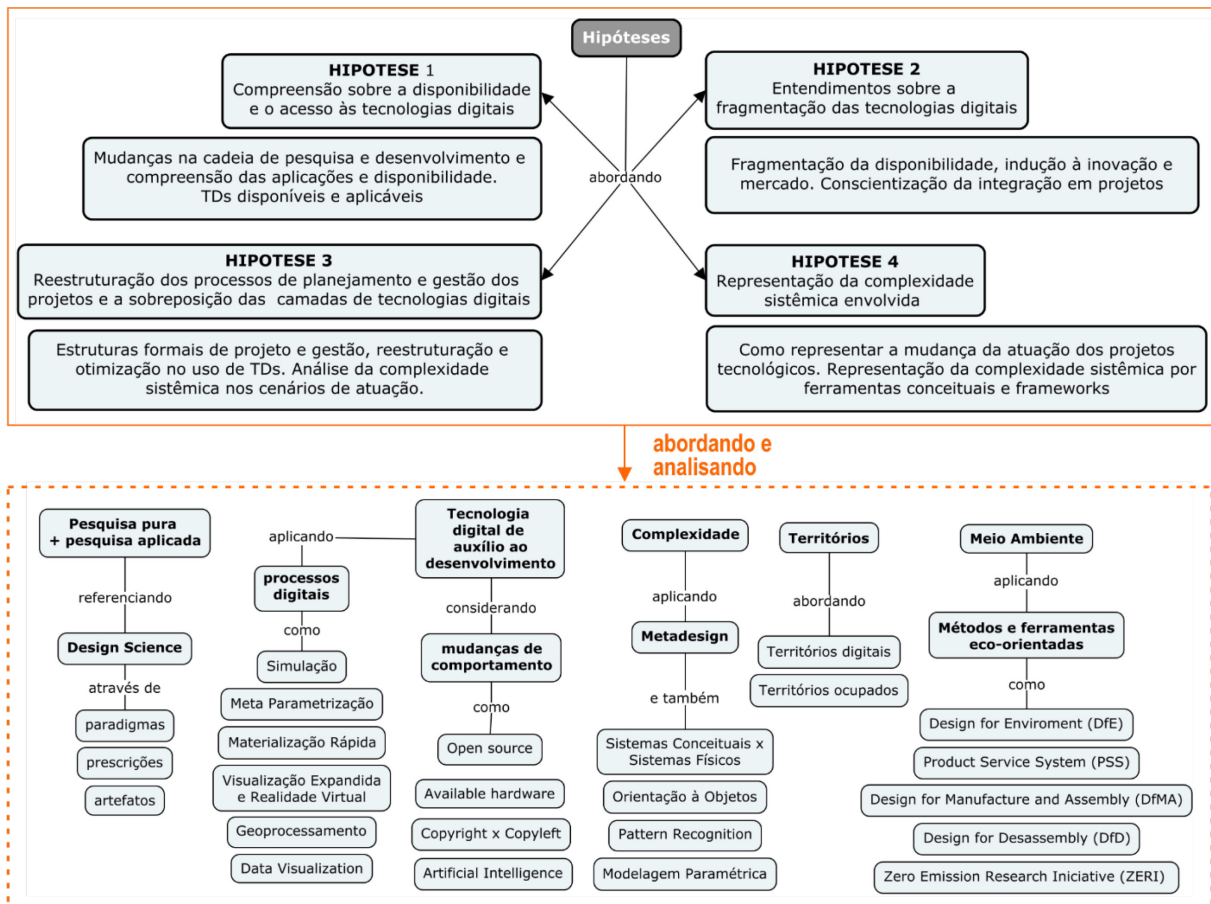
d) Metadesign

De acordo com Caio Vassão, como método de abordagem e modelagem da complexidade envolvidas nos fenômenos estudados.

2.8 A construção do modelo de análise

Em sua metodologia, Quivy e Campenhoudt (2005) definem que a função principal da exploração é proporcionar um aumento da perspectiva da análise. Isso se dá em função do aprendizado proporcionado pelo pensamento dos autores abordados e pela identificação de facetas do problema proposto. Entretanto, segundo os autores, esse acréscimo de informações relevantes e de novas ideias carecem de tradução para linguagem e formas que as habilitem a conduzir o trabalho sistemático de recolha e análise de dados de observação e experimentação. Essa é a função primordial da etapa de construção do modelo de análise. A Figura 12 apresenta o modelo de análise estruturado da pesquisa.

Figura 12 – Mapa do modelo de análise da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

Por definição de Quivy e Campenhoudt (2005), esse conjunto estruturado e coerente, composto por conceitos e hipóteses articulados entre si, constitui o que se chama modelo de análise de uma investigação. Construí-lo equivale, portanto, a elaborar um sistema coerente de conceitos e de hipóteses operacionais.

2.9 A estrutura da tese

A estrutura da tese foi desenvolvida em função de uma abordagem sistêmica sobre os principais tópicos de análise que são as TDs e os projetos. Trata-se, portanto, de um campo abrangente e de atuação extensa quando relacionado à evolução da Ciência e ao desenvolvimento tecnológico. O caminho das ações de investigações e das práticas aplicadas seguiram a ordenação descrita a seguir:

Introdução

O **Tópico 1** apresenta a introdução da proposta de pesquisa, a qual aborda o cenário inicial para as considerações sobre a evolução das Ciências e do desenvolvimento das Tecnologias identificando os problemas que serão abordados. Também apresenta a motivação pelo desenvolvimento da pesquisa.

O **Tópico 2** é dedicado à definição dos procedimentos metodológicos utilizados. Aborda a utilização de metodologias, métodos e ferramentas válidas para a construção do Modelo de Análise de acordo com as Ciências Sociais, em conjunto com processos da metodologia da Ciência do Projeto e de outros métodos de compreensão sistêmica para a modelagem de complexidade.

Conhecimento existente

No **Tópico 3**, a análise principal se dá pela busca da compreensão da cisão que distanciou a evolução da Ciência do desenvolvimento da Tecnologia. Também aborda as mudanças de comportamento impostas à sociedade, buscando a compreensão dos processos dos impactos causados pela digitalização.

O **Tópico 4** busca o entendimento de um possível nivelamento de conceitos atuantes nas duas áreas (Ciências e Desenvolvimento Tecnológico) por meio da análise da evolução das TDs e por um detalhamento dos pontos de convergências existentes (como os paradigmas e os artefatos). Também aborda a evolução em função das descobertas e das invenções.

O **Tópico 5** representa o mergulho no universo das TDs, com a proposta de se representar o contexto de evolução e a complexidade das relações decorrentes disso. Aborda modelos representativos da evolução sob óticas distintas, porém buscando pelos pontos convergentes identificadores dos ciclos passados, presentes e futuros

dos desenvolvimentos das TDs. Ou seja, procura-se a compreensão dos comportamentos associados a essas evoluções.

O **Tópico 6** aborda o impacto do desenvolvimento, disponibilização e uso das TDs a partir da segunda metade do séc. XX. Busca-se o entendimento sobre as mudanças contemporâneas dos comportamentos da sociedade a partir da Ciência, Estado, Mercado e do Indivíduo. Apresenta a identificação da tendência dos desenvolvimentos das TDs e seus processos relacionados, como digitalização, virtualização, assimetria de uso e modelos generativos. Também aborda a transformação dos conceitos relacionados ao Espaço e ao Território em função da virtualização dos lugares.

O **Tópico 7** amplia a observação do impacto das TDs para a humanidade, aborda questões sobre a propriedade, a disponibilização e o transbordamento de uso das TDs. Amplia a observação sobre como os desenvolvimentos são conduzidos a partir das tecnologias militares e de uso dual. Procura compreender quais são os mecanismos de distribuição, uso e apropriação das TDs em projetos.

O **Tópico 8** traz a análise da complexidade sistêmica e apresenta métodos e ferramentas para sua modelagem. Aborda a modelagem conceitual e os *frameworks* de representação e discute as distinções entre computação (*computation*), computarização (*computerization*) e pensamento computacional (*computational thinking*) como processos e métodos auxiliares para os projetos.

Proposta da Tese

O **Tópico** traz uma análise da definição do paradigma vigente e explora, a partir da análise apresentada no Tópico 05, a compreensão da a identificação e classificação das TDs. Identificam-se todas (ou quase todas) as TDs disponíveis, propondo classificações com objetivo de seleção daquelas que realmente interessam aos processos de projetos e que representariam um PpFP.

O **Tópico 10** explora, a partir da análise apresentada no Tópico 07, a estruturação do processo de acesso e utilização das TDs de auxílio ao projeto, fazendo a distinção das realmente utilizáveis e de suas necessidades de aprendizado de uso para os atores de projeto.

O **Tópico 11** apresenta a efetivação da proposta de Projeto de Futuro Próximo, a partir das análises e estruturas desenvolvidas, baseada na apropriação e uso de TDs de auxílio e suporte, relacionando o uso imediato dos resultados dos projetos

(implementação de curto prazo) com territórios ciber-físicos localizados (ações de grupos específicos), porém interconectados (rede digital de soluções). São analisadas as formas como os projetos são percebidos atualmente, com o objetivo de se otimizar uma possível migração para a prática PpFP.

O **Tópico 12** apresenta a efetivação da representação da estrutura do PpFP a partir da construção de um *framework*, propiciando a visualização da proposta e representando o artefato necessário para um futuro desenvolvimento de um algoritmo. Importante citar que são apresentados os diagramas de criação que representam o código em um estágio anterior do desenvolvimento do algoritmo.

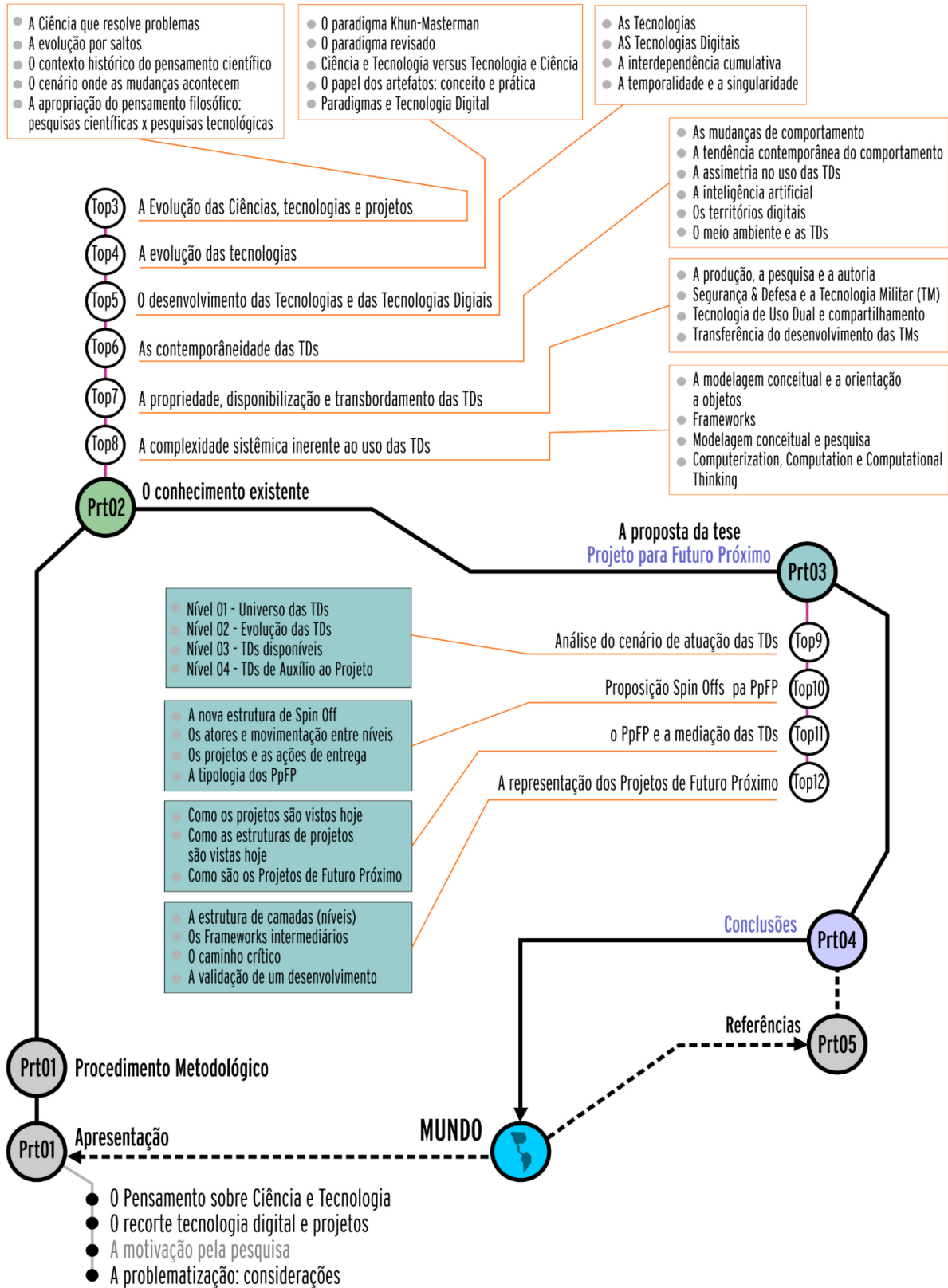
Em função do uso adaptado das práticas de DSR, são apresentadas as definições dos artefatos intermediários desenvolvidos durante a pesquisa, nos quais foram testados as estruturas e métodos propostos para a prática de PpFP.

Conclusões

O **Tópico 13** apresenta as considerações sobre o desenvolvimento da pesquisa a partir dos resultados obtidos com a pergunta de partida, dos limites e dos objetivos alcançados. Também são indicadas as possibilidades futuras de ampliação de novos estudos.

A Figura 13 apresenta o diagrama da estrutura da tese:

Figura 13 – Diagrama da estrutura da tese

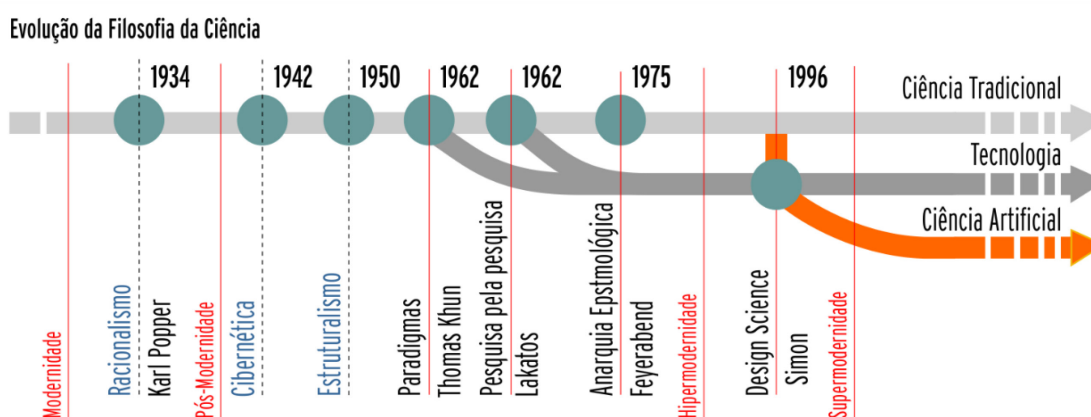


CONHECIMENTO EXISTENTE

3 A evolução das ciências e as relações com a tecnologia e os projetos

A discussão sobre a natureza da Ciência e o conhecimento do homem é historicamente rica, com profundos debates. Durante parte da “história da humanidade”, a evolução da Ciência foi marcada por um ideal de racionalidade, na qual a atividade científica e o próprio pensamento filosófico pressupunham o abono da verdade, um princípio de pensamento racional. Em um determinado momento, as Ciências Naturais passaram a procurar para si um sistema (replicável) de racionalidade que permitiria ao homem perceber o conteúdo da verdade do mundo. Mano (2022) relata que, em meados do séc. XX, filósofos como Thomas Kuhn e Paul Feyerabend criticaram que vários desses sistemas de racionalidade exibiam fraca adesão à realidade da atividade científica. Perceberam que a ligação entre os métodos da Ciência e sua verdade, bem como a plausibilidade ou progressividade científica, era inexistente. Ou seja, a Ciência corria o risco de se ver reduzida e comparada, no essencial, a um mero conjunto de crenças. Landau (2011) cita que, no final do séc. XIX e começo do séc. XX, a Filosofia mais uma vez se viu em reconfiguração, pois diversos filósofos em linhas distintas de análise acreditavam que a Ciência estava mal preparada para explicar as mudanças trazidas por nomes como Darwin, Marx, Nietzsche, Schopenhauer etc. Até certo ponto, as novas teorias e pensamentos propostos conseguiam responder a preocupações tradicionais da filosofia (como perguntas sobre o que existe), corroborando a ideia de que a adoção de uma nova abordagem radical que envolvesse rejeitar antigos valores e tradições seria válida.

Figura 14 – O contexto histórico sobre a Filosofia da Ciências que interessa à pesquisa.



A Figura 14 representa a linha de tempo desse período (após a I Grande Guerra), com indicações das escolas de pensamentos, filósofos e os tempos de representação dos comportamentos sociais.

O contexto histórico e evolutivo relevante de análise que procura a compreensão de como se deu a evolução do pensamento da Ciência, da sociedade e da tecnologia pode ser definido pelo cenário apresentado do começo do séc. XX.

3.1 A Ciência que resolve problemas

Karl Popper foi um filósofo austríaco, naturalizado britânico, que em 1935 publicou a obra intitulada “Lógica da descoberta científica” (Popper, 2008). Em sua autobiografia, ele admite a responsabilidade pela morte do Neopositivismo⁶. Reale e Antiseri (1991) comentam que foi Popper que embaralhou todas as cartas com as quais os neopositivistas estavam jogando ao substituir o princípio de verificação (princípio de significância) pelo critério de falseabilidade (critério de demarcação entre Ciência e não-Ciência). Na verdade, Popper substituiu a teoria da indução pelo método dedutivo da prova, reinterpretando a probabilidade e sustentando que as melhores teorias científicas (enquanto implicam mais e podem ser mais bem verificadas) são as menos prováveis. Popper (1994) formulou o Método Hipotético Dedutivo, definindo que Ciência se origina dos problemas, e os problemas geralmente não se enquadram nos esquematismos disciplinares. Reale e Antiseri (1991) definem que para cada novo problema que surge existe uma infinidade de soluções possíveis, o que constitui um dos fatores decisivos para a Ciência, pois tornam ineficazes todos os métodos baseados em meras rotinas. Portanto, devem ser entendidas como oportunas todas as correções das situações nas quais se encontram a pesquisa científica.

No começo do séc. XX, os positivistas defendiam que a lógica reforçava a autoridade científica, diferentemente de Popper que acreditava que, na realidade, a lógica desafiava a autoridade científica. Fuller (1990) ressalta que, para os positivistas, a dedução demonstra a coerência de um corpo de pensamento, enquanto para os popperianos, a dedução é principalmente uma ferramenta para obrigar os cientistas a

⁶ O Neopositivismo, o mesmo que Empirismo Lógico, foi uma corrente filosófica do começo do século XX cuja característica fundamental é a redução da filosofia à análise da linguagem. Nela, porém, podem ser distinguidas duas tendências fundamentais, entendendo a linguagem como linguagem científica ou linguagem comum. Essas duas tendências têm em comum um arsenal negativo e polêmico (a negação de qualquer "metafísica") que justifica que todos os enunciados metafísicos são desprovidos de sentido porque não são verificáveis empiricamente (Abbagnano, 2007, p. 328).

testarem as consequências de suas alegações de conhecimento. Isso definiu o princípio popperiano da falseabilidade, tratada como a ética científica central. Reale e Antiseri (1991) afirmaram que uma pesquisa se inicia pelos problemas e que para resolvê-los é preciso elaborar hipóteses como tentativas de solução. Uma vez propostas, estas devem ser provadas. E a prova se dá extraíndo consequências das hipóteses e vendo tais consequências se confirmarem (naquele momento) ou não (sendo falseada).

Thomas Khun foi um físico, historiador e filósofo da Ciência estadunidense, autor da publicação “Estrutura das Revoluções Científicas” (1962). Silva (2013) afirma que, com essa obra, Khun passou a defender um modelo de desenvolvimento científico baseado em descrições historiográficas que evidenciavam a incomensurabilidade entre diversas teorias científicas. Massoni (2005) explica que uma revolução científica se trata de uma profunda mudança de concepções, um deslocamento de uma rede conceitual em uso que define como os cientistas veem o mundo (um paradigma). Ao mudar, abraçando um novo paradigma, é como se os cientistas passassem a usar “lentes inversoras”, olhando para o mesmo conjunto de objetos, mas os abstraíndo de forma totalmente transformada. Daí o sentido de incomensurabilidade. Isso porque cada paradigma possui seus próprios critérios de validade, métodos de investigação e conceitos-chave, o que pode levar a diferentes interpretações e conclusões sobre os mesmos fenômenos observados. Landau (2011) descreve que, na visão de Khun, a Ciência alterna períodos de “normalidade” e de “crise”, sendo que uma Ciência Normal (a Ciência em períodos de normalidade) representa um processo rotineiro no qual os cientistas trabalham dentro de um sistema teórico (um paradigma). Porém, ao longo do tempo, anomalias podem acontecer, e quando elas se acumulam, surge uma crise que compromete a normalidade da Ciência. Às vezes, somente um novo paradigma dará conta de acabar com as anomalias. Para Khun a evolução se dá, portanto, por sucessões de sistemas teóricos.

A principal diferença entre as Ciências propostas por Kuhn e Popper é que, enquanto Kuhn salienta que, dentro da Ciência Normal, paradigmas são dogmaticamente protegidos da refutação e da crítica, Popper afirma que as teorias devem ser sempre submetidas a severas tentativas de refutação (Maxwell, 2006, p. 22). Ou seja, qualquer crença pode ser científica ou não, dependendo se alguém tenta ou não falsificá-la, testando os limites de sua validade. Baseado nessas críticas, logo após a

II Grande Guerra, Popper definiu duas linhas de pensamento sobre a reconstrução dos países:

- Uma versão boa de progresso, cujo objetivo seria um ideal ao qual se aproxima por meio de tentativa e erro, sem nunca assumir um ideal;
- Uma versão ruim de progresso, que prevê que, independentemente dos resultados dos ensaios, acabar-se-á sempre mais perto do ideal;

Fuller (2003) descreve que Popper critica a versão ruim por ela ser facilmente alinhada ao historicismo e pela recusa de se admitir um erro genuíno, o que eliminaria a necessidade de se alterar seu curso de crença ou ação (nos níveis filosófico, político ou científico). Segundo Fuller (2003), Popper tomou o conceito de “sociedade aberta” para apoiar os governos (alguns) que, naquele momento, descentralizavam seus poderes ao mesmo tempo em que redistribuíam a “riqueza” “do pós-guerra. Contudo, Popper não concordava com a política autoritária, bem como com o profissionalismo filosófico, que possuíam suas próprias maneiras autocertificadoras de fugir da responsabilidade pelas consequências de suas afirmações – sejam elas chamadas de “razões de Estado”, “bom senso” ou “linguagem comum”. Esse caminho criticado por Popper foi tomado posteriormente, como parte da Ciência, para soluções de problemas técnicos e tecnológicos, principalmente relacionados à segurança e defesa, o que impactou sobremaneira o comportamento de toda a sociedade como um dos mecanismos favoráveis à implementação do progresso ruim, que encontrou na existência de “processos de pesquisas científicas pelas pesquisas” uma boa base de justificativa e existência.

Imre Lakatos foi um filósofo da Ciência húngaro-britânico que buscou integrar as perspectivas de Popper e Khun, argumentando que a convergência entre as ideias dos dois autores pode ser encontrada no fato de que tanto a refutação quanto a aceitação de teorias científicas são processos complexos e sociais. Lakatos trabalhou na *London School of Economics* no mesmo departamento que Karl Popper trabalhava. Segundo Dias (2023), Lakatos defendia que a Ciência avança através de uma interação dinâmica entre a proposta de novas teorias, a tentativa de refutá-las e a resolução de problemas que surgem dentro de programas de pesquisa. Lakatos e Musgrave (1979) destacavam a importância dos programas de pesquisa científica, os quais constituem um “núcleo duro” de princípios básicos que não são facilmente refutáveis e que incluem uma “cintura protetora” de suposições auxiliares que são

mais facilmente revisadas ou descartadas. Em 1970, Lakatos, juntamente com Alan Musgrave, publicou a obra “A crítica e o desenvolvimento do conhecimento”, na qual se reuniram os principais nomes voltados à discussão sobre a natureza e a evolução da Ciência na época, incluindo os próprios Popper e Khun.

3.2 A evolução por saltos

Khun (1979) definiu que os paradigmas sucessivos nos dizem coisas diferentes sobre os objetos que povoam o universo e sobre o comportamento destes. Em uma mudança, como se trata precisamente de uma troca entre processos incomensuráveis, a passagem de um paradigma para outro, deve se dar toda de uma vez, ainda que não em um só instante ou então não se realizará de modo algum. A aceitação de um novo paradigma não se deve ao fato de que este resolva os problemas que o velho paradigma não consegue resolver, mas diz respeito a evolução de outros campos. Khun (1979) afirma que nos debates sobre os paradigmas não se discutem realmente as suas capacidades para resolver problemas. O ponto em discussão, ao contrário, consiste em decidir que paradigma deve guiar a pesquisa no futuro, em torno de problemas que, muitas vezes, nenhum dos dois paradigmas competidores ainda podem ser capazes de resolver completamente.

Cotidianamente, a humanidade se vislumbra com futuras revoluções científicas com as quais conscientemente se reconhece como não sendo soluções imediatas, mas como pertencentes a campos de pesquisas em ascensão, baseadas mais em promessas futuras do que em conquistas passadas. De acordo com Reale e Antiseri (1991), para que o paradigma possa triunfar, deve primeiro conquistar defensores que o desenvolverão até a um ponto em que muitas argumentações sólidas podem ser produzidas e validadas. O que se verifica não é tanto uma única conversão de grupo, mas, muito mais, um progressivo deslocamento da distribuição de confiança pelos especialistas.

As inovações propostas por Khun foram objeto de muita crítica. Popper (1979), apesar de concordar com sua existência, cita que a Ciência Normal é atividade do profissional não revolucionário, do cultor de disciplinas científicas que aceita o dogma dominante de sua época, opondo-se veementemente à incomensurabilidade de Khun, afirmando que este exagera a dificuldade, fazendo-a se tornar uma impossibilidade. Foi nesse ponto que a Ciência baseada em programas de pesquisas proposta por Lakatos

ganhou peso, pois, segundo Lakatos e Musgrave (1979), a Ciência deveria ser compreendida como uma competição entre programas de pesquisa rivais, com o avanço se dando por uma interação dinâmica, promovendo novas teorias, refutações e consequentes soluções de problemas. Esses autores argumentam que as teorias científicas devem ser avaliadas em termos de seu progresso cumulativo, levando em consideração tanto suas corroborações quanto suas refutações.

O problema da avaliação objetiva do crescimento científico em termos de transferências progressivas e degenerativas de problemas em série caracterizam-se por certa continuidade que liga seus elementos, desenvolvendo-se a partir de um autêntico programa de pesquisa, esboçado a princípio. Esse programa consiste em regras metodológicas que dizem quais caminhos de pesquisa devem ser evitados (heurística negativa) e quais devem ser seguidos (heurística positiva). Com isso, a própria Ciência pode ser considerada como um imenso programa de pesquisa, seguindo a suprema regra heurística de Popper: “arquitetar conjecturas que tenham maior conteúdo empírico do que as predecessoras” (Lakatos; Musgrave, 1979, p. 216). Reale e Antiseri (2005) também afirmam que, segundo Lakatos, um programa de pesquisa pode se desenvolver “em um mar de anomalias” ou proceder “com base em fundamentos incoerentes”. Naquele novo cenário de discussões surgem os pensamentos de Laudan (aliando-se em parte ao pensamento de Popper e de Lakatos), destacando e defendendo que o objetivo primordial da Ciência é o de resolver problemas.

Larry Laudan foi um filósofo estadunidense da Ciência da epistemologia que criticou fortemente as tradições do positivismo, realismo e relativismo e defendeu, em oposição aos desafios populares, uma visão de Ciência como uma instituição privilegiada e progressista. Laudan (1993) delineou “as implicações, para a história e a filosofia, do ponto de vista que concebe a Ciência como atividade empenhada na solução dos problemas”. Propôs que o seu conceito de “tradições de pesquisa” deveria ser visto como uma alternativa aos “programas de pesquisa” de Lakatos. Para o autor, “os programas de pesquisa de Lakatos, bem como os paradigmas de Khun, apresentam uma rigidez em sua estrutura central que não admitem nenhuma transformação fundamental” (o que é contradito pela história da Ciência). Conforme explica Reale e Antiseri (2005), os pontos básicos do modelo de Laudan (a tradição científica) são bastantes simples:

- o problema resolvido, empírico ou conceitual, é a unidade do progresso científico;
- o objetivo da Ciência é o de maximizar a dimensão dos problemas empíricos resolvidos e reduzir a dimensão dos problemas conceituais empíricos anômalos não resolvidos.

Decorre que “toda vez que se modifica uma teoria ou a substitui por outra, a inovação constitui um progresso quando, e somente quando, a teoria modificada ou a nova teoria é mais eficiente em resolver problemas do que a doutrina anterior” (Reale; Antiseri, 2005, p. 1054). Laudan (1978) critica um “empirismo”, na abordagem de Popper, e um “revolucionismo”, na abordagem de Kuhn, e acusa os filósofos da Ciência de não levarem a sério as implicações da visão sobre a filosofia, a historiografia e a metodologia da Ciência quando a abordagem se trata de uma “Ciência fundamentalmente voltada para a resolução de problemas”. A Ciência é um processo em evolução que ao acumular mais evidências empiricamente validadas, simultaneamente resolve anomalias conceituais. Laudan (1978) também afirma que não é correta a ideia do progresso científico se basear somente na acumulação de conhecimento teórico e propõe uma abordagem mais pragmática, reconhecendo a importância da diversidade de abordagens metodológicas, na qual diferentes teorias têm seus próprios méritos e podem contribuir para o progresso científico, mesmo que não sejam consideradas “corretas” de acordo com alguns critérios estabelecidos. Esse pensamento colaborou para o surgimento de uma nova abordagem, a qual trouxe Paul Feyerabend como crítico da ideia de que a Ciência não segue um método único e universalmente válido.

Feyerabend foi um filósofo austríaco que se tornou famoso por sua visão “científico-anarquista” de Ciência, defendendo que não há um método científico único e que a Ciência é caracterizada pela pluralidade de métodos e abordagens. Foi aluno de Popper, com quem aprendeu que teorias não podem se derivar de fatos e nem serem estabelecidas com base neles, devendo sempre ir além das evidências. Em meados do séc. XX, Feyerabend (1993) afirmou que a aceitação da Ciência era ameaçada por dois desenvolvimentos: a) o da mudança da Ciência, de investigação filosófica para

uma “empresa comercial”⁷, e b) o das descobertas relativas ao estatuto dos fatos e teorias científicas. Motterlini (1999) afirma que, para Feyerabend, a Ciência do séc. XX desistiu de todas as pretensões filosóficas, tornando-se um grande negócio, com “um mínimo” de considerações humanitárias, com cientistas se contentando na solução de pequenos problemas sem entender a transcendência do domínio das suas competências. Feyerabend (1993) radicaliza ao dizer que a Ciência já não apresentava resultados sólidos e que suas declarações factuais eram hipóteses, muitas vezes incorretas ou falsas, e que os principais responsáveis por isso foram John Stuart Mill⁸ e os contemporâneos Karl Popper e Helmut Spinner⁹. Para o autor, a “visão aceita” de Ciência era de uma vantagem temporária devido a alguma peculiaridade ou a algum mérito real. A Ciência se transformou em uma coleção de alternativas concorrentes, tornando-se um grande problema epistemológico. Feyerabend (1993) também cita que o anarquismo resolveria o problema removendo os elementos dogmáticos de suas formas anteriores. Mas o anarquismo epistemológico difere por poder escolher como atuar, podendo remover ou defender uma teoria, pois não teria lealdade e nenhuma aversão a qualquer instituição e ideologia. Os únicos opositores seriam os padrões, as leis e as ideias universais como a verdade, a justiça, a honestidade, a razão e os comportamentos que elas geram. Mesmo assim, Feyerabend não nega que, muitas vezes, é boa política agir como se tais “leis” (padrões, ideias) existissem e que se acreditasse nelas, inclusive podendo, até mesmo, tentar vender a doutrina do cientista. Motterlini (1999) cita que esses métodos de venda dependem do público, mas que se pode utilizar qualquer movimento propagandístico com maior probabilidade de sucesso para cada tipo de público. Ou seja, usando argumentos, demonstrar-se-á pela história que não há uma única regra metodológica que não iniba ocasionalmente a Ciência e nem um único movimento “irracional” que não possa promovê-la. Motterlini (1999) ainda afirma que Lakatos admitiu que as metodologias existentes realmente entravam em conflito com

7 Feyerabend acreditava que a ciência se tornava uma “empresa comercial” ao priorizar a produção de resultados tangíveis e lucrativos em vez de questionar os próprios fundamentos e métodos. Essa mudança comprometia a liberdade de pesquisa e a busca por novas ideias, levando a uma “ciência em série”, na qual a inovação era sacrificada em prol da eficiência e da rentabilidade (nota do autor).

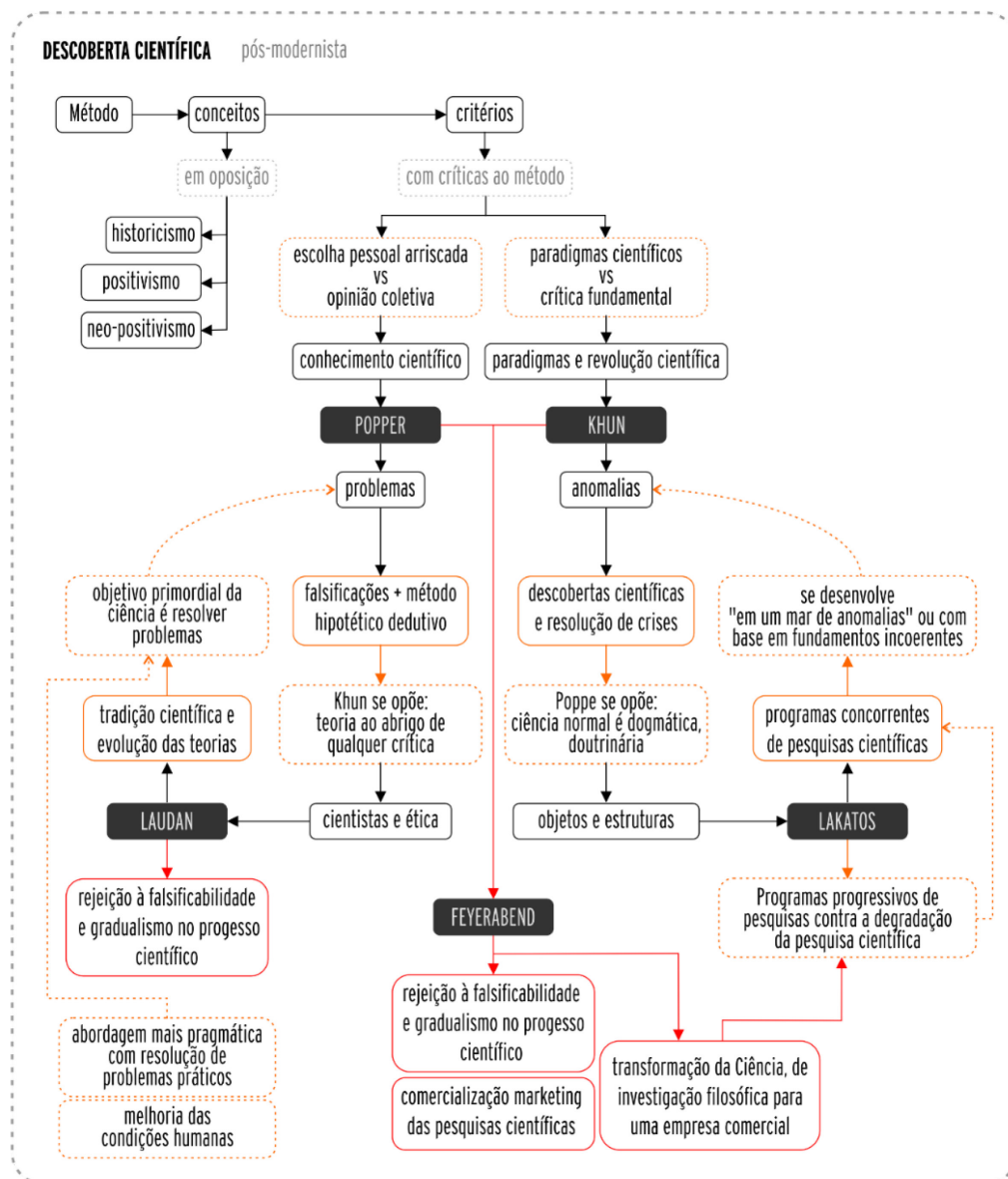
8 John Stuart Mill defendia uma abordagem empirista e utilitarista para a busca do conhecimento, enfatizando a importância da observação e da experimentação na investigação científica. Para ele, o conhecimento baseado em evidências empíricas era mais confiável do que o conhecimento baseado em especulações ou intuições.

9 Helmut Spinner é defensor do realismo científico, no qual a ciência busca descrever o mundo real e as teorias científicas que fornecem uma representação precisa e objetiva da realidade. Ele enfatiza a importância da racionalidade e da lógica na construção do conhecimento científico e que as teorias científicas devem ser testadas empiricamente e estar sujeitas a revisão e crítica contínuas, a fim de garantir a sua validade e confiabilidade.

a prática científica, mas acreditava que existiam padrões suficientemente liberais para permitir que a Ciência avançasse, citando como exemplo as normas, que se aplicam a programas de investigação e não às teorias individuais. Lakatos e Musgrave (1979) também defendiam que a evolução de um programa acontece ao longo de um período, e não se forma num determinado momento, sendo que também pode evoluir em comparação com a evolução de programas rivais e não por si só. Esses são os programas progressivos de pesquisa.

A Figura 15 apresenta um mapa resumo das relações entre as definições sobre a Ciência e sua evolução dadas pelos filósofos abordados.

Figura 15 – Contextualização do pensamento sobre natureza da Ciência e desenvolvimento científico no cenário de começo do Século XX.



Perseguir essa linha temporal do pensamento científico, a partir da segunda metade do Séc. XX, abordando a evolução da Ciência, se mostra relevante para o desenvolvimento desta pesquisa em função da busca pela compreensão sobre quais foram os principais pontos de divergência e convergência que facilitaríamos uma análise das relações do desenvolvimento tecnológico associado (no mesmo período histórico). Pontos identificados, como por exemplo, o objetivo de resolver problemas, mudança de paradigma, pesquisa puramente pela pesquisa ou a possibilidade do avanço da Ciência pela existência de padrões liberais de divulgação, ainda serão analisados, principalmente por suas possíveis relações com as mudanças impostas à forma prática dos projetos contemporâneos.

3.3 O contexto histórico sobre o pensamento científico e a tecnologia

Em análise mais aprofundada, tem-se a constatação de que o principal ponto de junção entre o pensamento científico e os conceitos sobre tecnologia está na verificação da realidade. Ao longo da história, a tecnologia tem desempenhado um papel fundamental na transformação das sociedades e, à medida que novas invenções e descobertas surgem, elas moldam o contexto histórico e impulsionam a necessidade de se verificar a realidade. Kissinger et al. (1999) relatam que, ao longo da história, os seres humanos têm lutado para compreender plenamente aspectos de sua experiência e dos ambientes em que vivem. Cada sociedade, à sua maneira, indaga sobre a natureza da realidade. No centro das acomodações dessas indagações está o conceito da relação da mente humana com a realidade, ou seja, a capacidade de conhecer seu entorno e de utilizar o conhecimento adquirido, sendo, ao mesmo tempo, inerentemente limitado por este. O raciocínio humano individual sempre teve o seu papel de destaque, analisando, compreendendo e moldando o mundo, identificando fenômenos que possam ser estudados e, eventualmente, explicando-os (cientificamente ou teologicamente). Quando entendimentos predominantes já não eram suficientes para explicar as percepções da realidade, revoluções no pensamento ocorreram e uma nova época ou período histórico surgiu. Cada um dos períodos históricos tem sido caracterizado por um conjunto de explicações entrelaçadas da realidade e de arranjos sociais, políticos e econômicos baseados em acontecimentos e fenômenos relacionados. A verificação da realidade se alinha diretamente com os processos de pensamento crítico, pois envolve habilidade de análise objetiva das informações, questionamento de suposições,

reconhecimento de vieses e validação de confiabilidade de fontes. Essas práticas de validação têm, ao longo da história, uma associação importante com o desenvolvimento da tecnologia que também tem por característica a associação direta com as mudanças do pensamento em cada época. Wolfram (2002) afirma que, primariamente, a tecnologia pode ser definida como o resultado da aplicação da capacidade de “pegar” (se apropriar) aquilo que o universo fornece e aplicá-lo a propósitos humanos próprios. Kissinger et al. (1999) estruturaram um caminho que abordou, histórica e cronologicamente, a relação no pensamento humano entre o desenvolvimento de tecnologias e a realidade percebida.

O Quadro 04 apresenta um resumo de como ao longo da história as proposições teóricas e filosóficas vêm se entrelaçando com inventos e descobertas tecnológicas, relacionando também a necessidade de se verificar a realidade.

Quadro 04 – Cronologia relacionando tecnologia, pensamento e percepção da realidade.

| Cronologia | Eventos e o Conhecimento | Visão da realidade |
|---|--|---|
| Mundo Clássico até Idade Média | Confiança essencial na capacidade da mente humana de descobrir e compreender aspectos substanciais do mundo. Apesar de não se compreender alguns “fenômenos inexplicáveis”, possuía-se a percepção da existência de uma padronização entre eles. | Tais fenômenos ainda não eram cientificamente interpretados, mas nem por isso, tecnologias e processos de projetos (intuitivos) deixaram de ser criados ou existirem. |
| Séc. XIV a XVI, destacando o Renascimento | O mundo ocidental passou por revoluções que criaram uma nova época e um novo conceito do papel da mente e das consciências humanas individuais. A invenção da imprensa, o surgimento das Ciências Humanas e as explorações geográficas são exemplos de uma diversidade e fragmentação que trouxeram tecnologias inovadoras e adaptações político-sociais generalizadas que se reforçaram mutuamente. | Culminou em avanços na tecnologia e no desenvolvimento de padrões de pesquisa e observação. Foi impactada pelas novas realidades das civilizações do novo mundo explorado, forçando um ajuste na amplitude e profundidade física e experiencial do mundo. |
| Séc. XVII e Séc. XVIII, destacando o Iluminismo | Com descobertas surpreendentes na Matemática, Astronomia e Ciências Naturais, a questão filosófica sobre a “natureza” e “o papel do homem na realidade” tornam-se autorreforçantes, propiciando a percepção de que elaborar o mundo era o projeto mais importante para a humanidade. Iluministas declararam a Razão (entender, pensar e julgar). São dessa fase, máquinas de calcular, teoria computacional, princípios de automação, a busca do conhecimento pela coisa-em-si, a observação cada vez mais precisa da realidade e a catalogação extensa do conhecimento. | Mas, ao separar a razão da tradição, o Iluminismo produziu um novo fenômeno e uma nova realidade: a razão armada. Reordenou e arrasou estruturas sociais em nome de conclusões “científicas” sobre os rumos da história. O desenvolvimento militar, de maneira ampla, menos regional, alterou a forma como a realidade era percebida. |
| Final do Séc. XIX e começo do Século XX | O progresso da Física revelou aspectos inesperados da realidade. O modelo Iluminista clássico postulava um mundo explicável em termos de espaço, tempo, matéria e energia, com propriedades absolutas e consistentes. | A Evolução Tecnológica é destacadamente significativa, porém referenciada em práticas anteriores da realidade instalada e reconciliada com a tradição: O filme como uma fotografia móvel, o automóvel como uma carruagem sem |

| | | |
|---|--|---|
| | <p>A Física Quântica e a Teoria da Relatividade revelaram uma realidade física recentemente misteriosa, como um substrato da realidade que desafiou suposições de longa data sobre a natureza do conhecimento.</p> <p>Heisenberg e o Princípio da Incerteza: a realidade não está disponível em um dado momento, ou seja, a realidade física não tem forma inerente independente, é criada pelo observador.</p> | <p>cavalo, o porta-aviões como um aeroporto flutuante etc. Como uma evolução tecnológica baseada em uma Evolução de Simulacros da realidade.</p> |
| <p>Segunda metade Séc. XX e começo Séc. XXI</p> | <p>A digitalização tornou o pensamento humano menos contextual e conceitual, afetando todos os níveis da organização humana.</p> <p>Desde o começo do Séc. XXI, os humanos percebem se aproximarem de limites da capacidade cognitiva. Se tornam mais dispostos a recrutar máquinas para transcender essas limitações. Com o advento da Inteligência Artificial, cria-se “poderoso novo jogador” nessa busca por transcendência.</p> <p>À medida que se fica cada vez mais dependentes da digitalização e da virtualização, adentra-se em uma nova época na qual, a mente humana racional está cedendo seu lugar de destaque como a única descobridora, conhecedora e catalogadora dos fenômenos do mundo</p> <p>E as Inteligências Artificiais colaboram, de sobremaneira, para a apropriação da autonomia da produção e do comportamento. Gradativamente e diametralmente, a humanidade perde seu poder de tomar decisões.</p> | <p>A anterior Evolução dos Simulacros, preparou o caminho para outra revolução que aconteceria a partir da metade do século: a Evolução Digital, que transportou e transformou em digitais os simulacros de realidade. Os computadores adicionaram um reino digital separado do reino físico em que os humanos sempre viveram. Com a digitalização a humanidade se desincorpora e passa a fazer parte do fluxo da informação.</p> <p>Constitui-se então, a Evolução da Virtualização - não mais faz sentido distinguir o mundo real do mundo virtual.</p> <p>Experimentações atuais já planejam formas de comunicação M2M (máquina para máquina), sem intervenção humana para análise, decisão e produção dos fenômenos do mundo</p> |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

À medida que a tecnologia avança, novas perguntas surgem e a busca pela verdade se torna cada vez mais complexa e vice-e-versa. Embora as conquistas tecnológicas tenham sido significativas, elas permaneceram reconciliadas com a tradição, caracterizadas como extensões de práticas anteriores, como simulacros de coisas reais. Porém, Kissinger et al. (1999) alertam que hoje, com o desenvolvimento exponencial da digitalização, chega-se a um ponto de inflexão ao se comprimir o período em que a tecnologia altera a experiência da vida, bem como as formas estabelecidas de ver o mundo. A tecnologia digital, a revolução da informatização, a virtualização e o avanço da inteligência artificial produziram fenômenos verdadeiramente novos, que não são mais simples versões mais poderosas de coisas passadas. Apesar de todas as conquistas maravilhosas, a digitalização e a vetorização tornaram o pensamento humano menos contextual e menos conceitual. Para Kissinger et al. (1999), a necessidade de desenvolver novos conceitos e contextos, bem como novas formas de se validar a realidade, mostram-se urgentes. Na vida dos nativos digitais, a validação da realidade é um comportamento que vem

diminuindo, de forma escalar, as referências de substratos anteriores. Mostra-se essencial que se desenvolva habilidades de verificação da realidade e do pensamento crítico para que se possa enfrentar os desafios contemporâneos promovidos pela TD, de forma a garantir, para “um futuro próximo”, uma compreensão mais precisa do mundo que nos cerca. Nesse “novo mundo digital”, o real e o virtual são misturados, imbricados, não fazendo mais sentido separá-los. A atuação da humanidade se dá na transição do real para o virtual, mas com fortes sinais de uma fusão eminente na qual a realidade e a verdade passam também a fazer parte do fluxo de virtualização. Han (2017) alerta que a humanidade não está naturalmente (biologicamente) preparada para esse tipo de união que reconfigura, de um modo nunca visto, a forma de se ver o mundo. Mostra-se urgente e necessário aprender sobre a intermediação das não-coisas¹⁰. Falta compreender como lidar com as possibilidades intermediárias desse novo mundo que não fornece uma distinção entre a realidade e a virtualidade e entre o tangível e o intangível (Han, 2017).

Os processos de projeto representam a melhor ferramenta para lidar com as transições entre pensamento-realidade, ideia-materialização ou intangível-tangível. São os projetos que nos instrumentalizam para lidar com as não-coisas em fluxo.

Nesse ponto, é importante pensar que os projetos acompanham de forma efetiva toda a evolução da história do pensamento, da tecnologia e dos processos de validação da realidade.

3.3.1 - Considerações: cenário do pensamento sobre a Ciência no começo do Séc. XX

O séc. XX foi marcado por uma efervescência intelectual intensa, especialmente nas áreas da filosofia da Linguagem, Epistemologia, Ética e Ciência. Diversas correntes de pensamento emergiram, provocando transformações profundas nas concepções filosóficas e comportamentais da sociedade.

¹⁰ As não-coisas, segundo Han (2017), são entidades intangíveis como informações, dados e algoritmos que, cada vez mais, mediam nossas relações com o mundo e com as outras pessoas. Elas se opõem às coisas concretas, materiais e tangíveis que marcaram as sociedades anteriores. A intermediação das não-coisas ocorre quando estas entidades intangíveis se interpõem entre nós e o mundo, alterando nossa experiência e percepção da realidade.

O Quadro 05 mostra um resumo dos acontecimentos relevantes sobre os estudos, discussões e desenvolvimentos filosóficos do período pós II Guerra Mundial.

Quadro 05 – Quadro resumo do contexto e entorno da discussão sobre o pensamento da natureza da Ciência e desenvolvimento científico no Séc. XX.

| Linha | Descrição | Nomes Importantes |
|----------------------------|--|---|
| Filosofia da Linguagem | Influenciada pelo trabalho revolucionário de Wittgenstein, abordando que o significado da linguagem está intrinsecamente ligado ao seu uso em contextos específicos. Impactou a linguística, a filosofia da mente e a filosofia da Ciência. A virada linguística no início do século definiu o campo da filosofia analítica, com debates sobre linguagem e realidade, destacando-se a contestação ao positivismo lógico. | Ludwig Wittgenstein, Ferdinand de Saussure |
| Filosofia da Epistemologia | Desenvolvimentos marcantes como a abordagem fenomenológica de Edmund Husserl (Investigações Lógicas) e as estruturas da consciência para entender o conhecimento. Popper e Kuhn questionaram a visão tradicional da Ciência. Piaget contribuiu com a teoria do conhecimento (A Epistemologia Genética). Surge o existencialismo e o pensamento pós-moderno. Jean-Paul Sartre e Michel Foucault influenciaram a compreensão do conhecimento como socialmente construído. | John Dewey, Karl Popper, Jean-Paul Sartre, Michel Foucault, Edmund Husserl, Albert Camus, Thomas Kuhn, Jean Piaget, Maurice Merleau-Ponty |
| Filosofia da Ética | Reavaliação das bases éticas com destaque para o existencialismo de Camus e a ética da responsabilidade de Hans Jonas. O utilitarismo foi reinterpretado e criticado. | Albert Camus, Hans Jonas, Jean-Paul Sartre |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

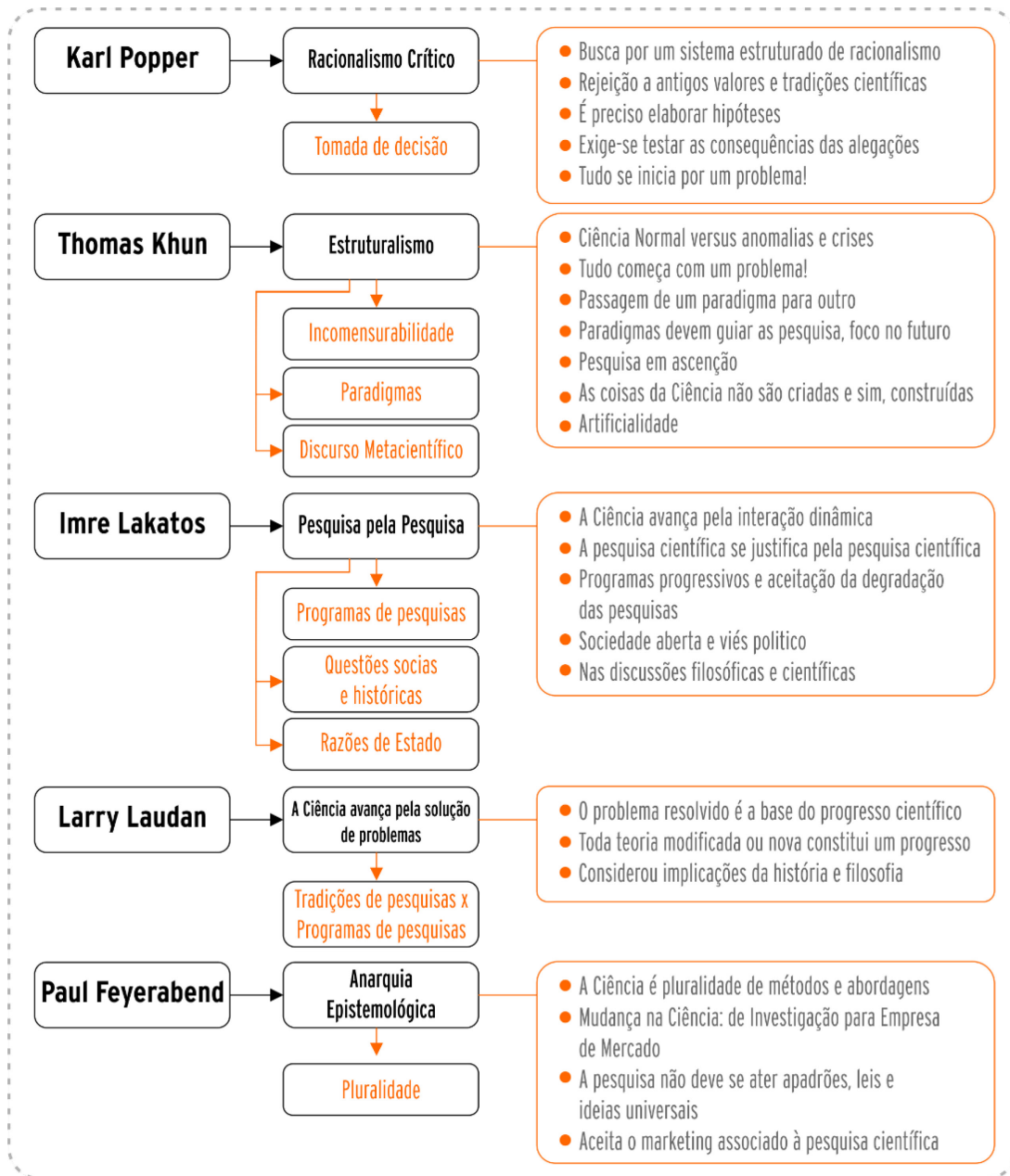
O resumo apresentado se mostra relevante para a compreensão do entorno de toda a discussão filosófica e científica no séc. XX. Além da Filosofia da Ciência (analisada anteriormente e principal interesse dessa pesquisa), outras três linhas são apresentadas (Filosofia da Linguagem, da Epistemologia e da Ética) e destacadas em função de seu relacionamento direto com as discussões sobre a evolução da Ciência e do pensamento científico. O objetivo de se abordar as outras linhas é buscar a compreensão do cenário sobre o qual se deu a grande revolução tecnológica do século XX, destacando a TD emergente nos anos 1960 e definitiva na virada do séc. XXI.

3.3.2 - O contexto e o cenário de aceitação do pensamento de Popper, Khun, Lakatos, Laudan e Feyerabend

As abordagens estruturalistas e defensoras dos desenvolvimentos contínuos para a pesquisa científica tiveram grande aceitação a partir dos anos 1950 e serviram bem a inúmeros propósitos retóricos, principalmente se tratando da abordagem khuniana. De acordo com Fuller (2003), os positivistas estavam entre vários círculos intelectuais e trouxeram um nível sem precedentes de profissionalismo para a academia

estadunidense. Porém, nesse contexto, o foco de Kuhn na Ciência como um modo de experiência, foi creditado por ter reintroduzido uma dimensão “humana” à Ciência, que tinha sido a marca registrada do pragmatismo, mas se perdeu na preocupação especial dos positivistas com a estrutura lógica de teorias.

Figura 16 – Contexto da discussão e pensamento filosófico sobre desenvolvimento científico



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

A Figura 16 mostra o contexto do pensamento sobre Ciência e desenvolvimento da Ciência em meados do séc. XX.

A recepção ao pensamento de Kuhn foi auxiliada por filósofos como Stanley Cavell¹¹ e Dudley Shapere¹² que, como ele, foram pesquisadores na Universidade de Harvard, a instituição de pesquisa estadunidense que mais conscientemente cultivou a ideia de uma distinta tradição intelectual científica estadunidense. E como Kuhn era o mais “especializado” em sua compreensão da “Ciência” do que os positivistas, foi mais fácil ser aceito por pragmáticos alinhados ao pensamento de William James¹³ e John Dewey¹⁴. Esses quatro incentivadores tiveram forte atuação na definição e construção do perfil acadêmico para pesquisa e ensino das universidades dos Estados Unidos no pós-guerra. Segundo Turchi (2014) a academia estadunidense passou por um crescimento de investimento significativo nesse período. No final dos anos 1950, apenas seis universidades eram reconhecidas pela excelência em pesquisa. Na década seguinte, esse número cresceu para vinte. Hoje, já são mais de cem centros de pesquisa com selo de excelência. Para Lombardi (2014), atualmente, as universidades estadunidenses são consideradas um dos principais ativos da política de Estado para o crescimento econômico e competitividade. Esta orientação é fruto de políticas públicas que, desde o final da década de 1950, incentiva a pesquisa e a transferência do conhecimento produzido para as áreas produtivas com o objetivo de fortalecer o desenvolvimento tecnológico no país. Cole (2011) relata que, no período pós-1950, a política científica estadunidense foi fortemente influenciada pelas propostas sintetizadas em uma publicação de 1945 chamada “*Science, the Endless Frontier*”, na qual uma equipe de pesquisadores, liderada por Vannevar Bush¹⁵, teve a missão de responder ao presidente Franklin D. Roosevelt (1933 a 1945): “o que acontecerá com a Ciência, a Engenharia e a tecnologia nos Estados Unidos após a guerra?” Nesse ponto, é relevante observar a existência de uma distinção conceitual

11 Stanley Louis Cavell foi um filósofo estadunidense, professor de Estética e Teoria Geral do Valor na Universidade de Harvard. Trabalhou nas áreas de ética, estética e filosofia da linguagem comum. Traduziu obras influentes sobre Wittgenstein, Austin, Emerson, Thoreau e Heidegger.

12 Dudley Shapere foi um filósofo estadunidense, professor emérito de Filosofia e História da Ciência no Wake Forest College. É conhecido por seus trabalhos sobre filosofia da ciência.

13 William James foi um filósofo, historiador e psicólogo estadunidense e o primeiro educador a oferecer um curso de psicologia nos Estados Unidos. É considerado um dos principais pensadores do final do séc. XIX e um dos filósofos mais influentes do país. Ele foi considerado o “Pai da psicologia americana”. Junto com Charles Sanders Peirce, estabeleceu a escola filosófica conhecida como Pragmatismo.

14 John Dewey foi um filósofo, psicólogo e reformador educacional estadunidense cujas ideias foram influentes na educação e na reforma social. Ele foi um dos pesquisadores mais proeminentes na primeira metade do séc. XX.

15 Vannevar Bush foi um engenheiro, inventor e administrador científico estadunidense que, durante a Segunda Guerra Mundial, chefiou o Escritório de Pesquisa e Desenvolvimento Científico (OSRD), onde foi realizada quase toda a pesquisa e desenvolvimento militar em tempo de guerra, que deram origem, por exemplo, ao radar e ao Projeto Manhattan. Bush enfatizou a importância da investigação científica para a segurança nacional e o bem-estar econômico, sendo o principal responsável pelo movimento que levou à criação da Fundação Nacional de Ciência.

para os estadunidenses no tocante a uma separação (quase que natural) entre a Ciência, a Engenharia e o desenvolvimento da tecnologia. Foi o arranjo conceitual dos pensamentos de Popper, Khun, Lakatos, Laudan e Feyerabend que ajudou sobremaneira na aproximação entre o que então se definia como Ciência e aquilo que se definia como tecnologia e engenharia. Turchi (2014) relata que esse período coincide com o de criação e expansão de investimentos para instituições, agências governamentais e programas de pesquisas, tais como a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e os programas confidenciais de P&D dos Departamentos de Defesa e de Segurança. Fuller (2003) descreve que também foi nesse contexto de Ciência, Engenharia e Tecnologia distintas que se deu a boa aceitação das “Estruturas de Khun”. Mas o autor alerta que o conceito foi construído anos antes, quando, em 1956, Khun publicou “A Revolução Copernicana”, que teve o prefácio escrito por James Bryant Conant¹⁶, ex-reitor da Universidade de Harvard e administrador científico chefe do projeto da bomba atômica. Para alguns críticos, incluindo Lakatos, Kuhn havia sido ungido como o filósofo oficial da Ciência do complexo militar-industrial emergente (Fuller, 2003).

Este é um ponto relevante para esta pesquisa, pois alinha a investigação científica e os projetos contínuos de desenvolvimento de sistemas de guerra, principalmente aqueles dedicados às TDs, marcantes a partir dos anos 1960. Tem-se com isso, a possibilidade de identificar o primeiro grande cenário a partir do qual se pode avaliar qual seria o paradigma científico vigente na época, procurando por um ponto de singularidade entre os anos 1960 e meados da década de 1970, momento em que se solidifica o pensamento filosófico-científico com tendências positivistas-pragmáticas sob forte influência estadunidense e com orientação científica tecno-militar.

Foi o cenário perfeito para o surgimento do Estado-Mercado¹⁷ que deu origem a um duopólio atuando com pesquisas científicas nas quais os resultados não interferem no

16 Durante parte da Guerra Fria, Bryant Conant, juntamente com seu colega, o vice-presidente do MIT Vannevar Bush, atuaram como os arquitetos da política científica dos Estados Unidos. Conant também recomendou Thomas Kuhn ao conselho editorial, que encomendou e publicou “A Estrutura” como o volume final de seu grande projeto estadunidense, a “Enciclopédia Internacional da Ciência Unificada” (Fuller, 2003). Na verdade, o primeiro cargo acadêmico de Kuhn foi como assistente de ensino de Conant. Embora a publicação “A Revolução Copernicana” tenha tratado de eventos que ocorreram 400 anos antes, Conant sentiu-se compelido em seu prefácio em chamar a atenção da comunidade acadêmica para a Guerra Fria, especialmente para a relação entre a autonomia científica e a América democrática. Durante a Guerra Fria, os gastos militares em Pesquisa & Desenvolvimento e na constituição das forças de defesa atingiram um pico de cerca de 14% do PIB dos Estados Unidos (Fuller, 2003).

17 Define um alinhamento de interesses entre objetivos de Estados e a participação econômica de setores produtivos. A relação é marcada por uma constante tensão entre a necessidade de regulação estatal e a busca por liberdade econômica. Representa um dos temas mais

“progresso”, pois cria-se uma Ciência ideal válida na qual tentativa e erro tornam-se irrelevantes. Não mais se importa com os resultados dos ensaios, mas com a competição de mercado pela pesquisa. Tal cenário levanta questionamentos:

- de quem é a propriedade da tecnologia digital?
- qual o papel da Ciência no desenvolvimento de tecnologia militar?
- como se dá, para a sociedade, a disponibilização das tecnologias desenvolvidas para esses fins?

3.4 A apropriação do pensamento sobre Ciência e a separação das pesquisas científicas e tecnológicas

Todas as relações descritas abordam a evolução da Ciência em um cenário no qual os conceitos sobre pesquisa sofreriam uma distinção (pesquisa científica pura e pesquisa tecnológica aplicada). Fernández-Vigo e Kudsieh (2023) descrevem que as fronteiras entre as modalidades de pesquisa não são claras, especialmente hoje, quando uma mesma tecnologia suporta todos os campos da Ciência. Porém, deve-se considerar que são duas atividades que necessariamente precisam se entender. Apesar de substancialmente diferentes, a Ciência aponta para a investigação e a tecnologia aponta para a ação. Em linhas gerais, a Ciência busca ampliar o conhecimento e compreender o mundo natural, enquanto a tecnologia busca modificá-lo para atender as necessidades humanas. Porém, era evidente o ponto de conflito que pressionava a definição do papel das teorias e a influência disso sobre sua aplicação no mundo real. “Mas, seria possível uma proposta de meio termo?”

Existiria um caminho do meio para toda essa discussão?”

No final dos anos 1980, a discussão sobre uma possível junção da distinção teórica/prática relacionada à natureza das pesquisas ganhou corpo, muito em função do evidente potencial apresentado pelos avanços das tecnologias, principalmente as digitais. Tal desenvolvimento demonstrava que soluções, além das explicações dos fenômenos naturais, estavam acontecendo e evidenciando um distanciamento ainda maior entre a teoria e a prática.

Dresch et al. *apud* Romme (2015) apontam que a falta de relevância nos estudos realizados sob o paradigma das Ciências Naturais e Sociais não contribuíam para a diminuição dessa distância porque o conhecimento gerado era de cunho fortemente exploratório e analítico, não servindo para utilização imediata em situações práticas do mundo real.

Os problemas do mundo real precisavam de uma nova abordagem. Foram Simon (1996), Le Moigne (1994) e March e Smith (1995) que chamaram a atenção para o fato de que o mundo, no qual a humanidade vive, já era mais artificial do que natural. Portanto, uma Ciência que se preocupasse com a artificialidade tornava-se necessária. Para esses autores, as Ciências Tradicionais não se ocupavam com o **projeto** ou com o **estudo dos sistemas que ainda não existem**. Le Moigne (1994) define então que essa possível nova Ciência deveria estar centrada na concepção, e não exclusivamente na análise do objeto de pesquisa, estando, portanto, mais preocupada com o processo de construção do conhecimento do que com a descoberta de leis e conhecimentos imutáveis. Nela, o teórico e o prático, o observador e o objeto, não estariam separados, mas interagindo. Em 1996, Herbert Simon publicou a terceira edição do livro “As Ciências do Artificial”, cuja revisão se deu principalmente pela formalização da Ciência do Projeto (*Design Science*) proposta em 1969, reforçando sua vocação como uma nova Ciência que cuidaria do artificial. A proposição de integração confirmaria às Ciências Tradicionais o papel de construir explicações por meio de teorizações e de justificativas, enquanto a Ciência do Projeto (*Design Science*) se encarregaria de apoiar o desenvolvimento, a construção e a avaliação dos artefatos.

Dresch et al. (2015) descrevem que, nos anos seguintes, as áreas que mais se destacaram na discussão acerca da adoção de um novo paradigma epistemológico foram os Sistemas de Informação e a Engenharia, principalmente a associada ao desenvolvimento de tecnologia digital.

3.4.1 - A Ciência prática – a fundamentação filosófica da Design Science

Desenvolver e investigar cientificamente o uso de artefatos ou objetos é conceitualmente diferente de investigar fenômenos naturais.

Produzir conhecimento relacionado ao próprio processo de se projetar artefatos é o objetivo central das Ciências do Artificial. Simon (1996) afirma que enquanto “as

Ciências Naturais ocupam-se de como as coisas são, ao projeto interessa o que as coisas devem ser. Ou seja, como se dá a concepção de artefatos que realizem objetivos”. A produção de conhecimento esperada pela Ciência do Projeto (*Design Science*), no que se refere ao desenvolvimento dos artefatos, relaciona-se diretamente com ato de projetar o mundo onde se quer viver, sem a necessidade de uma busca de uma verdade universal. A metodologia de investigação associada é denominada *Design Science Research* (DSR), na qual, segundo Vaishnavi e Kuechler (2015), as suposições metafísicas são únicas, pois nenhuma ontologia, epistemologia ou axiologia¹⁸ do paradigma é derivável de qualquer outro. E os pontos de vista ontológicos e epistemológicos mudam na DSR à medida que o projeto atravessa ciclos de circunscrição. Essa circunscrição iterativa é parte essencial da metodologia da DSR, pois determina (ou revela) iterativamente a realidade e o conhecimento que emergem do esforço de investigação.

Segundo Vaishnavi e Kuechler (2015), a DSR, por definição, muda o estado do mundo através da introdução de novos artefatos. Assim, os investigadores da Ciência do Design sentem-se confortáveis com estados mundiais alternativos.

Quadro 06 – Suposição filosófica das perspectivas de pesquisa e investigação.

| Perspectiva da pesquisa | | | |
|--|---|--|--|
| Crença básica | Positivismo | Interpretativo | Design |
| Ontologia <i>O que é real?</i> | Uma única realidade. Cognoscível, probabilístico | Realidades múltiplas, socialmente construídas | Estados mundiais alternativos múltiplos e contextualmente situados. Habilitado socio-tecnologicamente |
| Epistemologia <i>De que depende o conhecimento?</i> | Objetivo; desapaixonado. Observador desapegado da verdade | Subjetivos, ou seja, valores e conhecimentos emergem da interação pesquisador-participante | Conhecer através do fazer: construção objetivamente restrita dentro de um contexto. A circunscrição iterativa revela significado |
| Metodologia <i>Qual é a teoria fundamental?</i> | Observação; quantitativo, estatístico | Participação; qualitativo. Hermenêutico, dialético | Desenvolvimento. Mede os impactos de artefatos no sistema composto e/ou proposto |
| Axiologia: <i>Qual é o valor?</i> | Verdade: universal e bela; predição | Compreensão: situado e descrição | Ao controle; criação; solução de problemas; progresso (ou seja, melhoria); entendimento |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022, baseado em (Vaishnavi; Kuechler, 2015, p. 30).

18 Ontologia: é o estudo que descreve a natureza da realidade, por exemplo, o que é real e o que não é, o que é fundamental e o que é derivado. Epistemologia: é o estudo que explora a natureza do conhecimento, por exemplo, de que depende o conhecimento e como podemos ter certeza do que sabemos. Axiologia: é o estudo dos valores: quais valores um indivíduo ou grupo mantém e por quê? (Vaishnavi; Kuechler, 2015, p. 30).

O Quadro 06 apresenta a base de suposição filosófica baseada na DSR.

O contraste óbvio é com a ontologia positivista, na qual um único sistema sociotécnico composto é a unidade típica de análise.

Até mesmo a declaração do problema está sujeita à revisão, à medida que o esforço de DSR avança. Epistemologicamente, o pesquisador da Ciência do Design sabe que uma informação é factual e, sabe ainda, o que essa informação significa no processo de desenvolvimento/circunscrição do artefato. Axiologicamente, o pesquisador valoriza a manipulação criativa e o controle do ambiente, além dos valores das pesquisas mais tradicionais, como a busca da verdade ou da compreensão. A perspectiva filosófica do pesquisador se altera durante o progresso iterativo no desenvolvimento das fases, como se definisse uma realidade de intervenção construtiva para depois atuar como um observador dos resultados do comportamento do artefato gerado. Na sequência, as observações são interpretadas e tornam-se a base para novas teorizações.

4 Paradigmas, Descobertas e Invenções: a evolução das tecnologias

Independentemente de se saber se tudo isso acontece por conta da Ciência, da Tecnologia ou de um arranjo entre elas, surgem perguntas relacionadas à questão sob qual paradigma a atual ciência se desenvolve. Para tal, é necessário compreender o que são os paradigmas da Ciência, pois os processos de descobertas científicas e mudanças tecnológicas acontecem e se apresentam dinamicamente. Portanto, se existe um novo paradigma se sobrepondo a um anterior, ainda não existe uma definição clara sobre esse novo paradigma, no qual uma nova Ciência se apoiará. O Quadro 7 apresenta algumas definições filosóficas sobre o termo paradigma.

Quadro 07 – Definições filosóficas sobre paradigma.

| Paradigma | | |
|------------------|--|--|
| Autor | Descrição | Contexto |
| Mora (1978) | Conceito de ideia, significando tanto a aparência da coisa quanto o fato de se poder contemplar seu verdadeiro aspecto | a) a ideia é entendida logicamente quando é equiparada a um conceito; b) a ideia é compreendida psicologicamente quando é equiparada a uma determinada entidade mental; c) a ideia é entendida metafisicamente (ou, conforme o caso, ontologicamente) quando é equiparada a uma determinada realidade. |
| Outwaite (1996) | Conceito de linguagem e natureza da ciência | a) pela filosofia da linguagem no desenvolvimento dos argumentos baseados em casos paradigmáticos; b) pela natureza da Ciência e por sua centralidade de acordo com Thomas Kuhn. |
| Bottomore (2001) | Conceito de ideia de transformação (epistemologia tradicional) | a) Concebe o conhecimento como a posse por parte de um sujeito ou de um objeto conhecido (ideia do objeto na mente do sujeito); b) Para o materialismo, o objeto é uma substância material, ou seja, uma transformação por materialização. |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

É importante citar que cotidianamente (e quase naturalmente) a palavra paradigma é associada a um marco de mudança ou a um desvio conceitual de rota e quase sempre relacionada às mudanças positivas, inovadoras e de grande impacto no comportamento social. Em algumas disciplinas, os paradigmas aparecem até como alternativas. O vocábulo é utilizado em diversas áreas de conhecimento, científicas ou não, e pode ser definido como a representação de um pressuposto que pode ser observado e seguido, ou como um conhecimento do qual se origina estudo de um campo científico.

O conceito de paradigma defendido por Khun (1996) representa a função primordial na revolução científica e na formalização de um conceito de Ciência Cíclica. Contudo, uma grande polêmica surgiu à época justamente pelo uso polissêmico do conceito de paradigma apresentado pelo autor. A linguista Margareth Masterman (1979) apresentou uma análise crítica extensa e detalhada sobre o uso do termo na obra de Khun. Segundo a autora, realmente é a polissemia¹⁹ o fator responsável pelas dificuldades vitais da obra, visto que o termo se refere ao mais relevante elemento que sustenta a teoria da natureza das revoluções científicas. Khun (1996) aborda os paradigmas compartilhados, definindo que estes se baseiam no compromisso com as mesmas regras e padrões da prática científica, sendo o comprometimento e o consenso aparente que produzem pré-requisitos para a gênese e a continuação da tradição de pesquisa determinada. Representa a unidade fundamental para o estudo do desenvolvimento científico. Khun (1996) ainda argumenta que, sem um paradigma, todos os fatos pertencentes a um desenvolvimento de determinada Ciência têm a probabilidade de parecerem igualmente relevantes. Mas a Ciência realmente só se desenvolve depois de adquirir o seu primeiro paradigma universalmente aceito. São as transições sucessivas desses paradigmas que representam o padrão natural de desenvolvimento de uma Ciência amadurecida.

4.1 O que é preciso compreender sobre o paradigma de Khun-Masterman

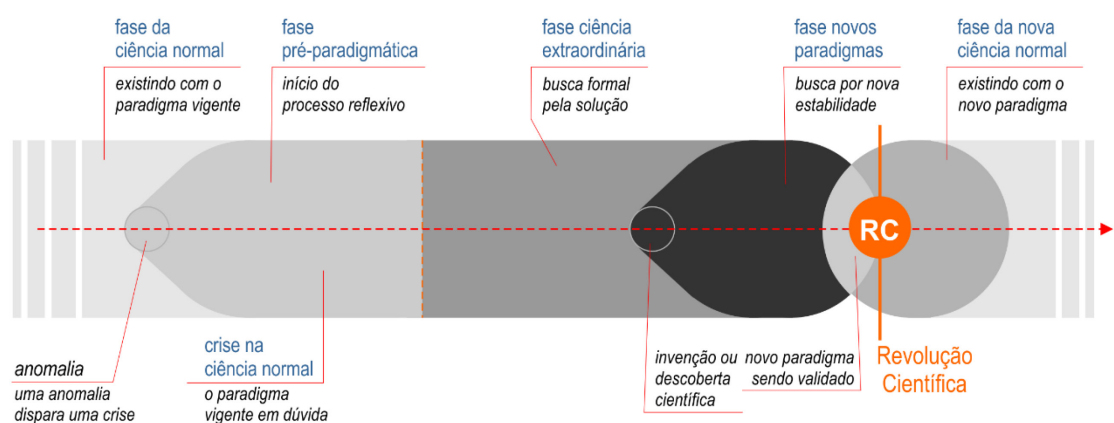
Masterman (in: Lakatos; Musgrave, 1973) caracterizou o estudo de Khun como “cientificamente claro e filosoficamente obscuro”, sendo facilmente compreendido pelos cientistas, mas nem tanto assim pelos filósofos (“uma dupla reação forjada pela obra”). Nessa mesma publicação, Khun já apresentaria comentários, correções e defesas sobre as suas ideias na obra “Reflexões sobre meus críticos”. Para defender seu conceito sobre o que são e como acontecem as revoluções científicas, Khun pressupõe a existência delas e afirma que elas possuem uma estrutura, reformulando o entendimento da Natureza da Ciência. O autor apresenta uma concepção ampliada da natureza das revoluções científicas que emerge dos registros históricos da própria atividade de pesquisa. Entretanto, o próprio Khun reconhece que muitas das dificuldades-chave do seu texto original agrupam-se em torno do conceito de

¹⁹ Polissemia é a multiplicidade de sentidos de uma palavra ou locução [Lexicografia - Linguística] (Michaelis, 2021 - online). Masterman identificou, no texto de Khun, 21 termos distintos de uso para paradigma e questionou se haveria alguma coisa em comum entre todos eles.

paradigma e afirma que “esse é o ponto mais obscuro e mais importante de meu texto original” (Kuhn, 1996, p. 280 e 288). Contudo, é através de um paradigma que um campo de pesquisa adquire o status de científico; é por meio de um paradigma que se adentra na Ciência Normal; é pela desestabilização do paradigma que se define o fim do seu ciclo de vida; é por sua substituição (parcial ou total) que se define uma revolução científica. Chibeni (2004) afirma que, para a construção do seu conceito, Kuhn parte da definição de que “um campo científico não se caracteriza (conforme usualmente se assumia) apenas por uma dada teoria específica”. Para o autor, ao lado da teoria principal, encontra-se uma plêiade de teorias auxiliares, técnicas matemáticas e experimentais e realizações concretas que servem de modelo, valores e crenças variadas. É o paradigma que representa a imagem cíclica da Ciência, inserindo-a na dinâmica do tempo e das práticas históricos-sociais de cada época.

De acordo com Kuhn (1979), o ciclo de Ciência relacionado aos paradigmas segue a seguinte ordem lógica: 1) Fase da Ciência Normal, 2) Fase Pré-Paradigmática, 3) Crises, 4) Fase da Ciência Extraordinária, 5) Fase do Novo Paradigma, 6) Revolução Científica e 7) Fase da Nova Ciência Normal. A Figura 17 apresenta o fluxo das fases listadas:

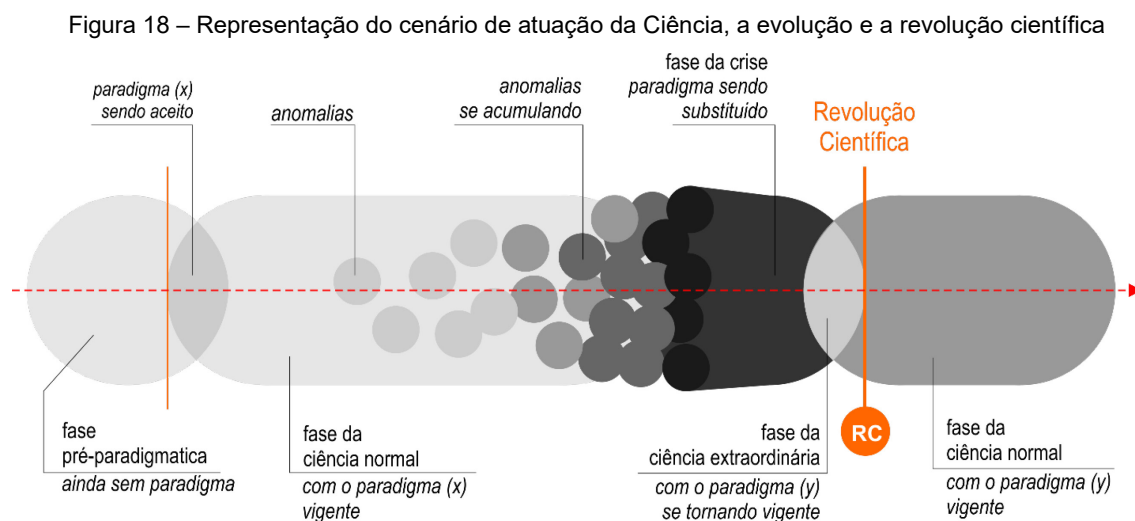
Figura 17 – A revolução científica segundo Thomas Kuhn: exemplo do fluxo de mudança de paradigma



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Na teoria de Kuhn, a Ciência se desenvolve por episódios que se alteram em função dos eventos de crises ao longo da história. Isso contradiz o caráter acumulativo, linear e contínuo comumente citado, o que abre espaço para a existência de momentos de ruptura. Isso invalida a possibilidade da comparação entre as teorias científicas contemporâneas e as antigas.

A Figura 18 apresenta o cenário sobre o qual se dá o processo dessa evolução.



O Quadro 8 descreve sucintamente as fases que definem o ciclo paradigmático de Khun

Em sua definição de revolução científica, Khun usa o conceito de incomensurabilidade como validação, afirmando que, por se tratar de uma reconstrução de generalizações teóricas, o novo paradigma adquire um modo de ver incompatível com o paradigma anterior, postulando a existência de ruptura entre as duas tradições. Essa descontinuidade impede a confrontação entre medidas comuns, por elas não existirem²⁰.

Khun faz emergir um conceito de progresso através das revoluções científicas contrária a pressupostos neo-positivistas.

Argumentou sua contrariedade a uma Ciência acumulativa, direcionada a um fim (crítica a existência de uma base empírica e observacional comum a todos os cientistas), desassociando progresso científico de revolução científica (essa é uma importante definição), pois considera que o progresso científico se dá na fase da Ciência Normal.

Entretanto, o próprio Khun (1996, p. 275) reconhece que, mesmo sendo um ponto interessante de abordagem, ainda não se podia especificar detalhadamente as consequências dessa concepção alternativa de progresso científico.

²⁰ Hacking (2012) afirma que foram muitas as críticas sobre o caráter irracionalista da *Estrutura* nessa definição.

Quadro 8 – Definições de paradigma de acordo com Khun

| Paradigma | |
|--|---|
| Fase | Descrição |
| Fase Ciência Normal | Já existe um paradigma vigente, adotado pela comunidade científica que resolve os problemas como um quebra-cabeça, garantindo estabilidade. O trabalho pela busca da "evolução" do paradigma vigente, visa aumento da especialização. Ainda não tem como objetivo, fazer surgir ou identificar outros fenômenos fora da Ciência Normal. |
| As Anomalias | Anomalias precedem as Crises e quando surgem desestabilizam o paradigma vigente, gerando uma crise de questionamento sobre sua validade. Quando não se resolvem as anomalias, cria-se dificuldade na estabilidade da Ciência Normal. Fenômenos não previstos colocam um paradigma em questionamento. |
| <p>Figura 19 – As anomalias no curso da Ciência Normal</p> <p>Fonte: o autor</p> | <p>desajuste do paradigma (x) vigente</p> <p>Ciência Normal</p> <p>anomalia reajustada de forma positiva</p> <p>paradigma (x) vigente otimizado por uma descoberta científica</p> <p>Ciência Normal segue em estabilidade</p> <p>Ciência Extraordinária negocia a mudança do paradigma (x)</p> <p>anomalia</p> <p>percepção de um fenômeno ou problema que compromete a estabilidade de paradigma vigente</p> <p>anomalia não reajustada</p> <p>paradigma (x) vigente instável, em declínio</p> |
| A Crise: | A não solução das anomalias, leva a comunidade científica a entrar em um período de grave insegurança profissional, o que pode provocar séria rejeição ao paradigma vigente. É um período de crise e instabilidade. |
| Fase Pré-Paradigmática: | Representa o início de uma (nova) Ciência, ainda sem a orientação de um paradigma. O campo de estudo apresenta novas escolas de pensamento em competição, de base metafísica ou filosófica distintas. Daí a dificuldade da existência de um paradigma antes do consenso da comunidade científica |
| Fase Ciência Extraordinária | A Crise obriga um trabalho sem a regulagem do paradigma vigente e a comunidade científica assume a necessidade da busca da solução. Nesse momento, os problemas deixam de ser abordados pelo paradigma vigente |
| Fase Novos Paradigmas | A busca pelo restabelecimento da normalidade passa pela proposta de possíveis paradigmas substitutos, que surgem do amadurecimento de novas teorias |
| As revoluções científicas | É quando a comunidade científica chega a um consenso sobre a validade de um novo paradigma. A transição é definida como uma revolução científica . A área de conhecimento é reconstruída com novas teorias, métodos e aplicações |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021, baseado em Masterman in Lakatos e Musgrave (1979), Khun (1996) e Chalmers (1993)

Para o autor, o progresso científico seria como um processo de evolução natural e ocorreria por duas perspectivas distintas:

- a) o progresso como aprofundamento do conhecimento e pesquisa especializada assegurados pelo paradigma;
- b) o progresso como ampliação do conhecimento gerado pela incomensurabilidade responsável pela proliferação de novas especialidades e tecnologias.

Khun (1996) afirma que a decisão de se rejeitar um paradigma é sempre simultânea à decisão de se aceitar um outro, e o julgamento que leva à decisão envolve a comparação de ambos os paradigmas com a Natureza e entre eles mesmos. Uma nova teoria (ou paradigma) não pode ser cumulativa e não pode ser interpretada como um caso particular da teoria anterior (anti-positivista).

4.2 O Paradigma revisado

Margareth Masterman (in: Lakatos; Musgrave, 1979) definiu que um paradigma é aquilo que se usa quando uma teoria não está presente. Foi Masterman que escreveu as críticas mais duras e relevantes ao arcabouço e a abordagem de Khun. Apesar disso, a autora concordou com o escopo teórico oferecido, considerando esmagadoramente óbvia a existência da Ciência Normal. Em seu trabalho, reorganizou as estruturas dos paradigmas de Khun em três classes:

- **paradigmas de construção:** o paradigma como artefato, fornecedor de instrumentos, como um ponto de vista instrumental e concreto ou um dispositivo;
- **paradigmas sociológicos:** o paradigma como “realização científica” universalmente reconhecida e aceita;
- **paradigmas metafísicos:** o paradigma como um conjunto de crenças, mitos, modelos, novo modo de ver, especulação metafísica bem-sucedida etc.

Mas a autora alerta que o conceito mais relevante se refere ao **paradigma de construção**, pois, na ausência de uma teoria, a alternativa que o cientista tem é a criação de um truque (uma técnica embrionária ou um discernimento) de aplicabilidade nos campos que constituem o paradigma. Assim que a adoção do paradigma acontece, o problema real do cientista passa a ser descrever filosoficamente o “truque” de solução utilizado, pois o enigma científico normal tem sempre uma solução garantida pelo paradigma, requerendo somente engenho e perspicácia para que ela seja encontrada. Tipicamente, a solução é conhecida com antecipação, mas o caminho, passo a passo, que conduz a ela, não o é. O cientista normal é um adepto da solução de enigmas, a partir da qual se identifica um possível “solucionamento de problema”, o que define “**prototipicamente**” a Ciência Normal. Masterman corrigiu a estrutura proposta por Khun, identificando três distinções para a Ciência dentro da Fase Pré-Paradigmática.

Quadro 9 – Definições do paradigma revisado Khun-Masterman

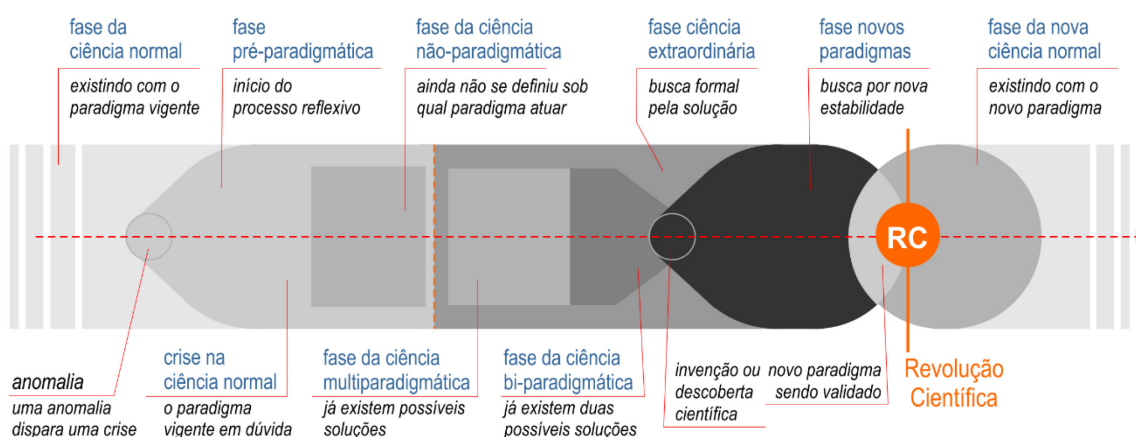
| Paradigma Revisado | |
|---|--|
| Fase | Descrição |
| Fase da Ciência Não-paradigmática | quando ainda não se definiu sob qual paradigma se atuará, ou seja, a pesquisa realizada ainda não é regulada por um paradigma. Todos os fatos ainda podem ser relevantes. |
| Fase da Ciência Multiparadigmática | quando já existem paradigmas com propostas aderentes a uma determinada pesquisa. O excesso de paradigmas fornece conteúdo para aquilo que poderá se tornar o paradigma com força articuladora para colapsar teorias rivais |
| Fase da Ciência Bi-paradigmática | quando somente dois paradigmas se apresentam como possibilidade real de serem adotados por um campo |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021, Masterman in Lakatos e Musgrave, 1979

O Quadro 9 apresenta as novas fases propostas.

Masterman (in: Lakatos; Musgrave, 1979) cita que a falha de Khun foi não fazer distinção desses três estados (o que deixa a entender que seriam idênticos), associando isso a uma deficiência de Khun na abordagem mais precisa sobre o impacto da tecnologia disponível e aplicável para os campos de pesquisas à época. A Figura 20 apresenta a correção proposta por Margareth Masterman para o paradigma de Khun:

Figura 20 – A correção de Margareth Masterman para o paradigma de Khun: exemplo do fluxo para uma mudança de um paradigma

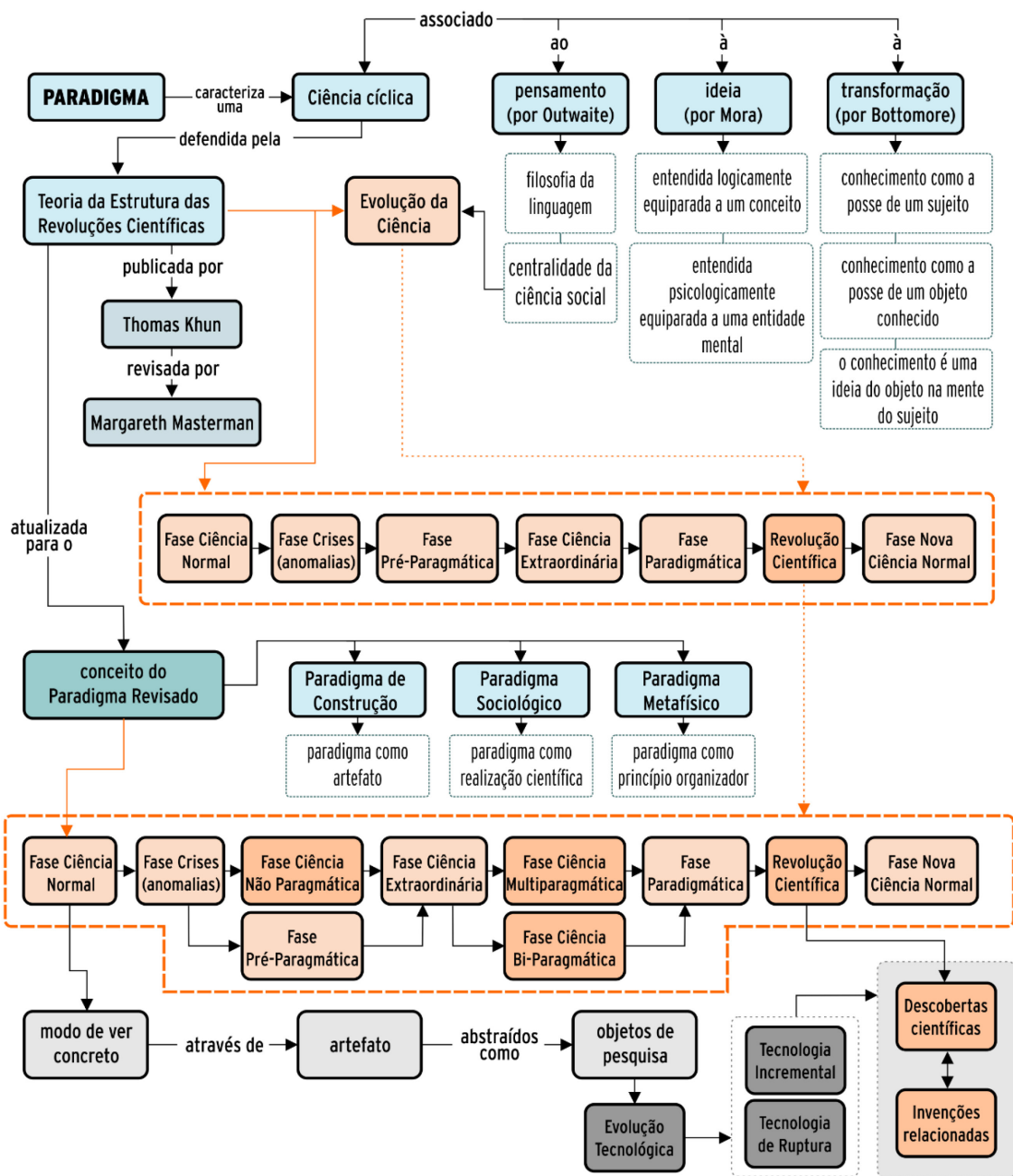


Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Apesar das correções, Masterman concorda que, caso não exista um paradigma, o que se tem em um campo de investigação é uma pesquisa de natureza não científica ou uma investigação filosófica.

Ou seja, onde quer que a “**Ciência Normal**” principia, ali existirá **Ciência**; onde **essa não principia**, ali existirá **Filosofia**. Com isso, um paradigma que possua uma Ciência Normal atuando como solucionador de problemas (ou enigmas) é um “**modo de ver concreto**”. É nesse ponto que se situa a grande diferença entre Khun e os outros filósofos da concepção do “pensar filosoficamente a Ciência”, posto o caráter de **concretude** atribuído à Ciência Normal, definindo o paradigma não como uma analogia, mas como um **artefato real usado analogicamente**.

Figura 21 – Mapa de relacionamentos dos paradigmas na Ciência e na tecnologia



Em termos gerais, é possível considerar que a **Ciência** pode, então, a partir de um **artefato** (abordado como um **objeto de pesquisa**), estabilizar o paradigma existente ou mesmo vir a se tornar um outro **paradigma**. Ou seja, o truque, com o qual se pode começar uma Ciência nova, é uma construção conhecida de um artefato que se torna um “veículo de pesquisa” e, ao mesmo tempo, se tiver êxito, um paradigma (Masterman in: Lakatos; Musgrave, 1979). São, portanto, as construções de artefatos solucionadores de enigmas e suas validações como objetos de pesquisa que podem representar as bases da **evolução tecnológica**. Mas é relevante citar que são os **processos de projeto que validam os objetos de pesquisa**.

A Figura 21 apresenta um mapa de relacionamentos modelado a partir das abordagens sobre os paradigmas, a evolução da Ciência e o desenvolvimento tecnológico.

4.3 Ciência e Tecnologia: o papel das descobertas científicas versus as invenções

A relação entre as Ciências e a Tecnologia possui longo histórico de discussão. De acordo com Jolivet (1975), Masterman (in: Lakatos; Musgrave, 1979) e Abbagnano (2007), a Ciência se concentra em generalizações, análises e construções de teorias, podendo ser definida como um conjunto de proposições logicamente encadeadas com objeto limitado, tendo como meta formar um sistema coerente demonstrado por redução à evidência ou por via de experimentação. Já a tecnologia se concentra na análise e na síntese do artefato, no desenvolvimento do uso de algo, empregando processos de sistematização racional para obtenção de realizações práticas. Apesar de possuírem conceitos distintos, a relação de interdependência entre as Ciências e a Tecnologia é inquestionável. De modo geral, a discussão sobre ambas estabelece uma hierarquia na qual a teoria (a Ciência) ocuparia um lugar privilegiado em relação à prática (à técnica). Contudo, são as entregas finais dos processos de exploração e pesquisa, ou seja, as invenções, que definem as prioridades de abordagem (independentemente de uma ordem hierárquica). O Quadro 10 apresenta um contexto para o cenário descrito.

Quadro 10 – As invenções e a hierarquia Ciência - Tecnologia

| Inventos (exemplos) | Fator de definição | Ordem | Cenário |
|---|--|-----------------------------|--|
| Corantes Sintéticos (segunda metade do Séc. XIX) | Avanços nas pesquisas de química orgânica levou à invenção de novos corantes | Ciência e Tecnologia | A criação desses novos produtos e ramo de negócios exigiu um tipo de pessoal diferente daquele que, naquela época, atuava no setor. Isso em função da exigência de se tornarem extremamente especializadas e da necessidade de investigação científica para essa emergente área produção. As empresas alemãs foram pioneiras ao recorreram à parcerias com a academia, com desenvolvimento patrocinado por laboratórios de investigação (que apesar de pertencerem às empresas químicas, eram formados por pesquisadores acadêmicos). |
| Linhas de Montagem (primeira metade do Século XX) | Adequação das fábricas para produção em massa | Tecnologia e Ciência | A indústria transformadora nos Estados Unidos registrou rápido crescimento da produtividade, em função da entrada em funcionamento dos métodos de produção seriada. A principal força motriz desse desenvolvimento foram novas tecnologias físicas (máquinas e dispositivos) originadas, quase totalmente, a partir de invenções puras e experimentações práticas. |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021, baseado em Nelson e Dosi (1994)

De acordo com Michaelis (2021), a definição de invenção se relaciona ao ato de criatividade que resulta em objetos, processos ou técnicas, novos o suficiente para produzir uma mudança significativa na aplicação da tecnologia, impactando também a cultura existente. São os processos envolvidos na obtenção de uma invenção que a diferencia da descoberta e da inovação:

- a) Uma descoberta representa a aquisição de um conhecimento novo, “porém, ao acaso”, ou sem um esforço de investigação determinado nesse sentido, porém aplicado. De acordo com Abbagnano (2007), para a coisa que se descobre, admite-se como já preexistente, apesar de ainda não conhecida.
- b) Uma inovação não existe imediatamente após a obtenção do artefato e não pode ser conscientemente projetada. Vassão (2020) afirma que uma inovação, por princípio, não é necessária e que somente após o uso do artefato (aqui já caracterizado como produto utilizável) é que se pode garantir que (a invenção) foi inovadora. Ou seja, foi o uso que gerou a necessidade real, criou hábitos e circulou pela sociedade.

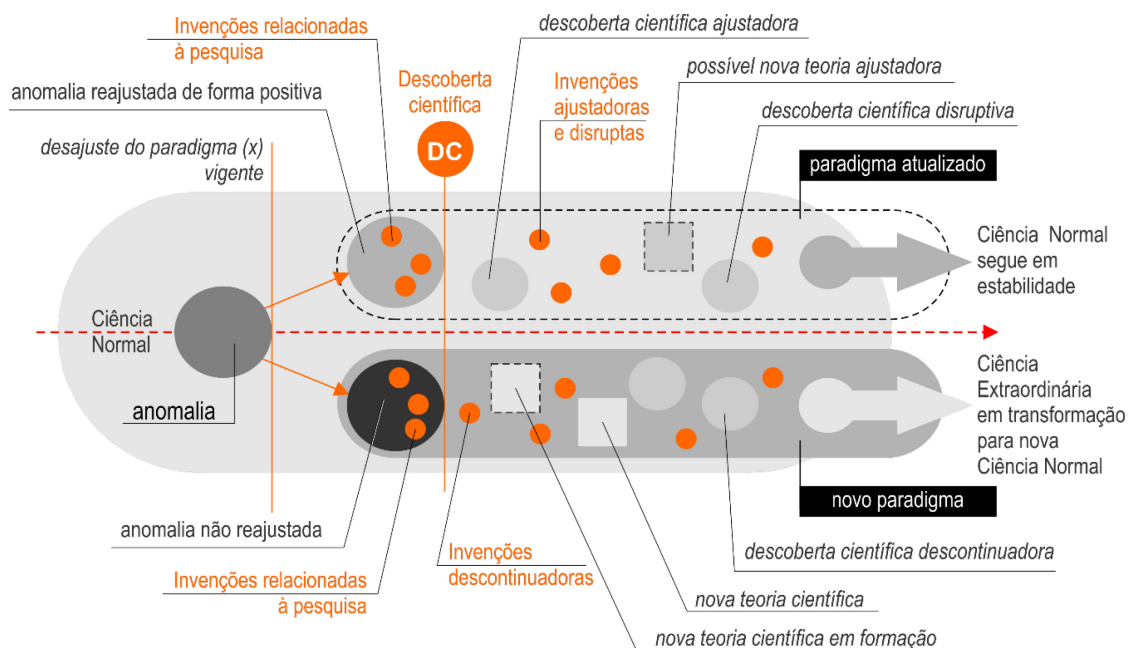
Toda invenção marca o início de um processo emergente de tecnologia, independentemente do seu campo de atuação. Ela está diretamente relacionada aos processos de projeto, mesmo que a abordagem de projeto seja informal ou intuitiva.

Uma invenção representa possível resultado válido para determinado processo adotado na solução de uma anomalia ou de um problema. Para Vassão (2020), uma invenção representa o artefato intermediário ou final, obtido por se perseguir um processo que tem origem na ideia e que procura pelo conhecimento, contexto e instrumentos de materialização com os quais se criam processos (e/ou tecnologias). Também representa a intenção do ator frente às anomalias e aos problemas do seu contexto. Abordando a fase Pré-Paradigmática Khun/Masterman, na qual a Ciência ainda não segue um paradigma, pode-se abstrair que essa seria a fase propensa às invenções puras, ou seja, seria o lugar de atuação da prática direta da tecnologia (relação Tecnologia - Ciência).

“Mas, e sobre as descobertas científicas?” Heidegger (apud Abbagnano, 2007) afirma que descoberta é “a possibilidade de todas as coisas do mundo poderem ser procuradas e determinadas, através de um processo particular, partindo de uma coisa que pela primeira vez se encontra no mundo”. Essa é uma definição aderente ao que Khun (1996) conceituou como descoberta científica em função do caráter de emergência do seu desenvolvimento. Segundo o autor, é justamente a emergência o principal diferenciador entre a descoberta científica e a teoria científica (apesar de estarem diretamente relacionadas). Deve-se considerar que a descoberta científica não é o tipo de processo sobre o qual se tem formulado uma pergunta apropriada, mas nasce a partir da consideração de que já existe um sintoma de algo distorcido na imagem da Ciência que necessita de verificação, podendo envolver um processo de assimilação conceitual extenso (ainda que não necessariamente prolongado).

São as pesquisas científicas que trazem a elucidação da natureza das descobertas para uma compreensão das circunstâncias em que elas emergem na Ciência (Khun, 1996, p. 44, 45 e 46). Wuestman et al. (2020) definem que as descobertas científicas são comumente entendidas como descobertas que transformam a fronteira do conhecimento. Os autores definem também que existem diversos tipos de descobertas científicas que diferem pela ocorrência disciplinar e são associadas a diferentes usos e padrões de impactos.

Figura 22 – A transição da Ciência Normal devido às anomalias e suas consequentes invenções e descobertas solucionadoras de anomalias



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

A Figura 22 representa uma atualização do paradigma de Khun, considerando e representando os papéis das invenções e descobertas científicas.

Para Koshland (2007), uma descoberta científica se inicia com a tentativa de se responder a uma pergunta de longa data em determinado campo, podendo também acontecer casualmente a partir de uma nova evidência relevante.

As referências e abordagens conceituais filosóficas acerca do paradigma revisado de Khun/Masterman se mostram como escolhas conceituais a serem seguidas nesta pesquisa em função da existência de inúmeros pontos de contato conceituais com os processos de prática projetual e com o desenvolvimento da tecnologia contemporânea.

É oportuno e importante citar que é através dos projetos que se dão os transbordamentos de acesso às tecnologias digitais criadas pelas revoluções científicas.

4.4 O papel dos artefatos: proposições para adequação conceitual e prática

O papel transitório que um artefato pode assumir na Ciência Normal é relevante pela similaridade com o comportamento associado ao desenvolvimento das tecnologias, o que agrega ao artefato um caráter de atrator entre as investigações e os projetos.

Simon (1997), Hevner (2004) e Dresch (2015) definem genericamente um artefato: a) no contexto das Ciências: instrumento ou dispositivo usado para realizar uma investigação científica, e b) no contexto do desenvolvimento tecnológico: produto ou sistema que é utilizado para resolver um problema ou atender a uma necessidade.

De acordo com a *Design Science*, um artefato representa um objeto feito ou produzido intencionalmente para um determinado propósito. Audi (2015) define que, na literatura antropológica, artefato designa quaisquer objetos produzidos por seres humanos, incluindo vários subprodutos (por ex.: resíduos ou “débito”). Artefatos também são definidos como essenciais para o desenvolvimento tecnológico, pois são a base para a inovação.

Ainda, segundo Audi, seu conceito pode ser descrito da seguinte forma:

- o artefato equivalente ao resultado do trabalho (**como produto**);
- o artefato relaciona diretamente autor e entrega como conceitos correlativos - objetos são artefatos se, e somente se, tiverem autores (**criadores ou atores**);
- o artefato pode ser ontologicamente definido com **objeto concreto** (ex.: como um navio), um tipo (ex.: uma nota de um dólar); uma **instância** de um tipo (ex.: uma nota de dólar em posse de alguém); ou um **objeto abstrato** (ex.: uma linguagem artificial);
- o artefato dependente ontologicamente de seu fundamento (ex.: a Ponte Rio-Niterói, para sua funcionalidade, depende das localidades do Rio de Janeiro e de Niterói);
- o artefato pode ser complexo, geralmente juntando-se a outros artefatos e objetos por montagem ou outras formas de conjunção (**sistemas**);
- o artefato exige no mínimo um tipo de ação produtiva (**aplicação**);
- o artefato pode ser um **artifício intelectual intangível** (ex.: a construção de um conceito).

Simon (1996) define que aos projetos interessa o que e como as coisas devem ser. Desenvolvendo artefatos que atuem como propósito ou adaptação, o objetivo é conceber um conhecimento sobre como projetar, e não apenas sobre como aplicar, com isso propiciando a compreensão do processo de cognição através do qual foi elaborado o projeto que define tais artefatos.

Conceitualmente, portanto, temos a seguinte distinção: explicar (entender como funciona) e compreender (entender a estrutura e a construção). A obtenção de um artefato validador também provoca mudanças nas linhas de atuação dentro de um paradigma, podendo até representar uma mudança do próprio paradigma. Uma tipologia (baseada em Khun e Masterman) identificando três casos representativos dessas possíveis mudanças pode ser descrita da seguinte forma:

- um **artefato ajustador**: ao solucionar o anômalo, gera uma resposta corretiva e mantém a estabilidade da Ciência Normal, aumentando a confiança no paradigma vigente;
- um **artefato disruptivo**: ao solucionar o anômalo, gera uma resposta disruptiva, mas que ainda preserva o paradigma vigente, aumentando sua confiança;
- um **artefato descontinuador**: quando a solução do anômalo falha e não se consegue manter a estabilidade do paradigma vigente. Isso marca o fim da Ciência Normal e o início da Ciência Extraordinária e da sucessão dos paradigmas.

Christensen (2012) propôs a Teoria da Inovação Disruptiva. O autor definiu que **disruptura** é um processo que tira a ordem de um estado atual de um sistema estável, porém, com consequências de curto prazo para o sistema. Ela persiste por um tempo, mas depois retorna à ordem, sendo geralmente considerada temporária e intermitente por natureza. Porém, promovem a manutenção ou o retorno da antiga estabilidade, não implicando em mudanças fundamentais. A **descontinuidade**, o autor a definiu como um processo que atua na falta de continuidade ou coesão com uma experiência passada válida. Ela provoca uma nova ordem, uma mudança total ao longo do tempo e implica uma mudança fundamental considerada como mais permanente e irrevogável por natureza. Christensen (2012) também traz essa abordagem para a análise do desenvolvimento tecnológico ao definir dois tipos principais de tecnologias:

- As **Tecnologias Incrementais**: são aquelas que dão suporte à melhoria do desempenho de produtos existentes junto com as dimensões dos valores historicamente construídos por estes;
- As **Tecnologias de Ruptura**: são aquelas relacionadas às inovações, pois trazem uma nova proposição de valor, muito diferente daquela disponível até então.

Algumas vezes, a partir de uma tecnologia incremental, surge um artefato que pode ser caracteristicamente radical, o que o transforma um artefato descontínuo. Exige-se então, a transformação daquela tecnologia incremental em uma nova tecnologia de ruptura. Contudo, a descontinuidade e/ou a ruptura não devem ser entendidas como ameaças ao desenvolvimento do projeto.

5 A tecnologia e o desenvolvimento das Tecnologias Digitais

Tecnologia é um termo bastante amplo que, em sua essência, refere-se ao conjunto de ferramentas, técnicas e processos utilizados para resolver problemas e alcançar objetivos específicos. O Quadro 11 apresenta definições de tecnologia que são relevantes para esta pesquisa.

Quadro 11 – Definições de tecnologia e disciplinas distintas

| Tecnologia | | |
|------------------------------|---------------------------|--|
| Autor(es) | Área | Descrição do conceito |
| Outwaite e Bottommore (1996) | Sociologia e Antropologia | Associam o com mudança e revolução científica, destacando a relação direta com a sociedade industrial. Provoca uma mudança na natureza da economia e no comportamento do homem, pela preponderância da produção aplicada dos conhecimentos científicos |
| Usher (2011) | Engenharia | É núcleo central do processo evolutivo, aspecto essencial da acumulação de conhecimentos e do desenvolvimento, que não esgota o campo do de expertise da mente. Define que os processos de inovação podem ser mais convenientemente estudados nesse campo conceitual, pois os artefatos gerados podem ser mais precisamente rastreados do que os conceitos religiosos, éticos e filosóficos etc. |
| Postman (1994) | Educação e História | Forma de cultura, representando o total de maneiras pelas quais se fornece à humanidade, as coisas necessárias para se viver. Mas também causa forte impacto, o que obriga à reflexão sobre como as escolhas tecnológicas moldam a sociedade e influenciam as vidas diariamente |
| Lévy (1993 e 1999) | Filosofia | Conjunto de dispositivos, procedimentos e métodos usados no processo de produção de bens e serviços, incluindo a arte, a ciência e a organização social. Sua compreensão propicia visão mais abrangente do mundo contemporâneo. |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

O pensamento contemporâneo sobre tecnologia apresenta uma dicotomia determinística/positivista aparentemente natural e aceita. Por um lado, o determinismo tecnológico define que a mudança tecnológica determina mudanças na cultura, na política e na economia. Sempre que o foco é simplesmente o aspecto do progresso tecnológico, os impactos na sociedade aumentam, pois a produção se justifica por si só, ganhando natureza autônoma a qual não leva em consideração consequências de seu implemento. Outwaite e Bottommore (1996) afirmam que os deterministas enfatizam os efeitos inesperados do progresso tecnológico, como os danos ao meio ambiente natural, os impactos psicológicos, as transformações da cultura, o uso da tecnologia como fator de avaliação e controle democrático, o aumento de dependência etc. Segundo Postman (1994), quando uma tecnologia (invenção) é introduzida em uma sociedade, esta se encontra livre de restrições culturais e altera outras

instituições e práticas. Ou seja, o mundo no qual uma nova tecnologia é introduzida não representa um mundo mais uma tecnologia, mas um novo mundo.

Focando no recorte específico sobre a **Tecnologia Digital**, observa-se que a evolução tem impactado significativamente a forma como as pesquisas são conduzidas, os dados são coletados e analisados e as descobertas são comunicadas. A sociedade vem se tornando cada vez mais dependente dessa tecnologia em diversas esferas. A integração com os dispositivos digitais disponibilizados se tornou tão comum que muitas vezes não percebemos o quão dependentes nos tornamos deles. Essa crescente dependência também levanta questões em outros pontos, como sobre a privacidade, a segurança e a desigualdade no meio digital. Entretanto, cada vez que uma evolução digital é entregue ao mundo, são feitas associações imediatas, como promessa de futuro melhor. Isso também impacta as práticas projetuais, o que torna relevante a compreensão sobre quais são as bases nas quais se apoiam a TD e quais são as suas relações diretas com os projetos, com a produção contemporânea de bens e serviços e com os impactos causados ao comportamento da sociedade.

Especificamente para esta pesquisa, as descrições, análises e proposições sobre as TDs partem do momento histórico da disponibilidade das primeiras ferramentas digitais de auxílio ao projeto para as áreas de arquitetura, engenharia e design. As pesquisas sobre os sistemas de auxílio não são novas (algumas delas possuem mais de 60 anos) e todos os avanços tecnológicos oriundos delas marcaram sobremaneira a forma de desenvolver projetos. O computador pessoal, o CAD (*Computer Aided Design*), as superfícies NURBS (*Non Uniform Rational Basis Spline*), as impressoras 3D, o BIM (*Building Information Modeling*) e os aplicativos generativos de inteligência artificial são exemplos disso. Será abordada a evolução dessas tecnologias, indo dos *bits* aos *qubits*, do usuário ao *avatar*, da matriz de *pixel* ao ciberespaço, do CAD ao BIM, das imagens digitais ao *metaverso*, do *voxel* à construção aditiva e da busca indexada às inteligências artificiais²¹.

21 **Bit**: simplificação para dígito binário. É a menor unidade de informação que pode ser armazenada ou transmitida, podendo assumir somente 2 valores ou estados: 0 ou 1.

Qubits: é um bit quântico, uma unidade de informação quântica descrita por um vetor de estado em um sistema de mecânica quântica. Um vetor de espaço bidimensional sobre números complexos.

Avatar: é a representação projetada de um usuário dentro de um ambiente digital imersivo como jogos ou mundos virtuais.

CAD: *Computer Aided Design* - projeto/desenho assistido por computador.

BIM: *Building Information Modeling* - auxílio ao projeto baseado na modelagem e/ou modelo de informação da construção.

Metaverso: definição para um tipo de mundo virtual que tenta replicar/simular a realidade através de dispositivos digitais. É um espaço coletivo constituído por realidade virtual, realidade aumentada e internet.

É importante citar que, a partir dessas disponibilizações, acontece um processo constante de **ubiquidade** em função da hibridização dos processos conceituais e físicos envolvidos nos desenvolvimentos dos projetos. De acordo com Weiser et al. (1999), a ubiquidade se refere à qualidade ou estado de se fazer presente em todos os lugares ao mesmo tempo.

5.1 O desenvolvimento das tecnologias e das tecnologias digitais

5.1.1 - Visão geral sobre o desenvolvimento das tecnologias

Para essa abordagem, três formas de representação devem ser apresentadas:

- Abordagem sobre o impacto da evolução da tecnologia na vida da humanidade;
- Abordagem sobre o trato da informação e do conhecimento;
- Abordagem sobre o projeto e a produção do artificial.

Essas abordagens representam as relações entre a evolução da tecnologia e as duas fases fundamentais das investigações científicas e dos projetos, quais sejam:

- A fase do conceito;
- A fase do desenvolvimento.

Também auxiliam na análise cronológica da evolução da tecnologia como um todo nos contextos histórico e social. O Quadro 12 apresenta essas representações.

Quadro 12 – Abordagens relevantes sobre a evolução das tecnologias

| Tecnologias | |
|--|--|
| Tipo de Tecnologia | Descrição do conceito |
| <p>A Tecnologia das Ferramentas Postman (1994) Estabelece a evolução tecnológica baseada nas ferramentas, suas posições e relações com o homem em determinada cultura</p> | <p>Culturas que usam ferramentas: as ferramentas, quando criadas, não tinham a intenção de atacar a integridade e a dignidade da cultura onde foram introduzidas, o que direcionavam as invenções e limitavam os seus usos. Essas culturas demonstraram criatividade e riqueza tecnológica. Contudo, limitações foram impostas por alguma ideologia. Como exemplo, pode-se citar que a “ferramenta” Teologia desenvolveu uma sistemática das relações entre homem e Deus, homem e natureza, homem e ferramentas e homem e homem;</p> <p>Culturas Tecnocratas: as ferramentas passam a desempenhar o papel central nas ideias de uma cultura. Tudo precisa dar passagem, em algum nível, ao desenvolvimento das ferramentas, tornando o mundo socio-simbólico sujeito às suas exigências. Nessa fase, as ferramentas não estavam integradas à cultura. Às vezes, elas atacavam a cultura, tornando-se a própria cultura. Como consequência, a tradição, os costumes sociais, a política e a religião têm de</p> |

Voxel: representa um valor em um grid regular em um espaço tridimensional. É o correspondente de representação tridimensional (polígono) do *pixel* bidimensional (ponto).

Manufatura Aditiva: ou *Additive Manufacturing for Construction (AMfC)*, é a tecnologia de impressão 3D com uso de impressoras de grandes proporções capazes de imprimir ambientes tão grandes quanto habitações.

| | |
|--|--|
| | <p>lutar por sua manutenção. Nessa tecnocracia, o homem descobriu a essência do criar (a invenção).</p> <p>Cultura Tecnopólio: O séc. XIX mostrou duas ideias distintas de mundo que colidiam: tecnologia e tradição. No começo do séc. XX, o tecnopólio simplesmente eliminou um destes mundos: tornou a tradição invisível. O Tecnopólio é a submissão de todas as formas de vida cultural à soberania da tecnologia. Ele redefine tudo que se entende por religião, arte, família, política, história, verdade etc., de tal modo que as definições se adaptem às suas novas exigências.</p> |
| <p>A Tecnologia da Inteligências Levy (1993)</p> <p>Dividida em três polos, nos quais, o destaque é dado ao pensamento, à geração do conhecimento e ao saber. Interessando compreender como as culturas se relacionam com o conhecimento</p> | <p>Polo da Oralidade Primária, no qual a memória e a linguagem são os instrumentos diferenciadores dos homens frente a todo o reino da criação.</p> <p>Polo da Escrita, no qual a escrita é considerada a maior revolução tecnológica, e a que mais afetou a relação do homem com a cultura e a sociedade.</p> <p>Polo do Informático-Midiático, no qual a digitalização, a codificação e um princípio de interface se tornam um método de simplificação que traduz todo o conhecimento existente em uma massa eletrônica de comunicação integrada e em tempo real.</p> |
| <p>A Tecnologia da Produção Drexler (2006 e 2013)</p> <p>Trata a evolução tecnológica como revoluções, baseadas em maquinários (naturais e artificiais) para manipulação da natureza. Nomeia as TDs como novas tecnologias e as organiza em função de marcos revolucionários da produção e manufatura</p> | <p>Revolução Agrícola: forneceu novos meios de produção de alimentos e materiais, explorando a produção dos nano sistemas moleculares nos organismos vivos (os enxertos, a seleção de sementes, as estufas etc.).</p> <p>Revolução Industrial: forneceu novos meios de produção de objetos materiais, explorando capacidades produtivas de sistemas mecânicos artificiais, em escala humana (as máquinas e os sistemas produtivos substituindo o homem).</p> <p>Revolução da Informação: forneceu meios de processamento de informações, através de dispositivos eletrônicos, por bits mediados por interfaces.</p> <p>Revolução da Atomatização: fornece meios de produção de objetos através de máquinas atômica e precisamente, com novos padrões em escala atômica (átomos em vez de bits). Representa o atual estado da arte na pesquisa em nanotecnologia e nano máquinas.</p> |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

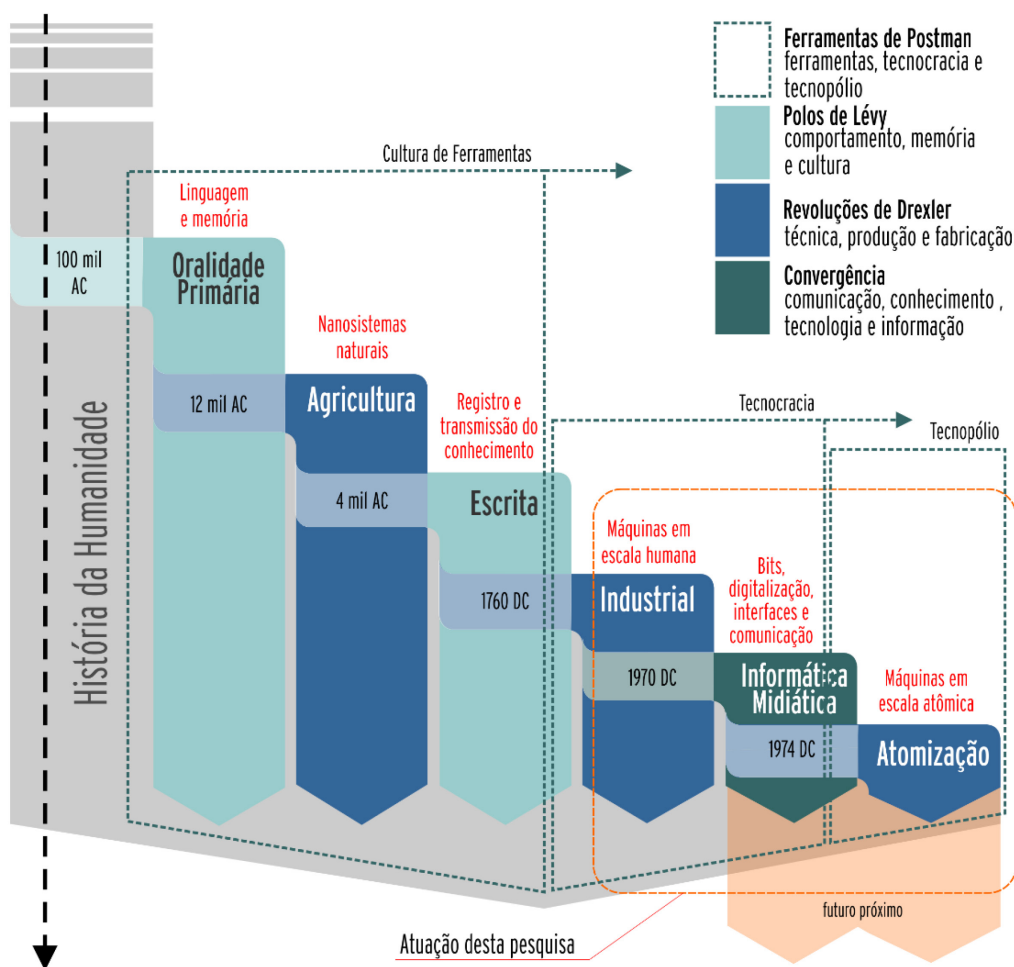
O exercício de integrar os três contextos – as ferramentas de Postman, os polos de Lévy e as revoluções de Drexler – permite uma análise sistêmica dos pontos comuns e controversos para possíveis relacionamentos, propiciando a observação de dois pontos:

- a cultura em geral (relevante ao pensamento de Lévy);
- a identificação de um tempo de latência diferenciado para a acomodação das descobertas científica e das invenções.

Para Levy (1993), a cultura é a mais fortemente influenciada pela tecnologia resultante. Não é necessariamente a primeira a ser influenciada, posto que a produção de bens de capital e serviços normalmente ocupam esse lugar. Mas, em alguns casos, o impacto da evolução chega muito mais rápido na vida das pessoas comuns do que nas instituições e organizações científicas e de produção.

Também, é relevante citar que são as mudanças de comportamentos da sociedade as mais impactadas pela evolução das TDs. O foco de Lévy (1993) é sobre como o homem ciente de mudanças pode explorar as potencialidades mais positivas das TDs, entendendo que na verdade não se trata de mera questão de ferramenta contra ferramenta, mas de um terreno novo, pleno de oportunidades de mudanças e desdobramentos.

Figura 23 – A evolução das tecnologias, segundo as Ferramentas de Postman, os Polos de Conhecimento de Levy e as Revoluções das Produção de Drexler.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

A Figura 23 apresenta um contexto histórico-cronológico das representações das mudanças de comportamento do uso das tecnologias.

Em uma curta análise sobre a percepção de mudanças comportamentais, a McKinsey (2013) afirma que os efeitos das novas tecnologias são sentidos à medida que mudam rapidamente as rotinas de trabalho, a maneira como transforma o uso dos tempos de lazer e a forma como “criam novos” produtos e serviços para uso cotidiano. Nelson e

Dosi (1994) destacam que praticamente todos os estudiosos sérios sobre o avanço tecnológico enfatizam incerteza quanto ao impacto das TDs nos comportamentos da humanidade no fluxo de desenvolvimento futuro. A discussão é marcada pelas diferenças de opinião entre os especialistas que operam os processos de adoção e os especialistas que analisam como essas adoções afetam os ambientes (da humanidade e natural).

No tocante à produção de bens e serviços, o processo se mostra mais complexo, visto que a adoção das novas tecnologias quase sempre se foca na obtenção de lucros. A Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento - OCDE (2018) relata que o desenvolvimento e a difusão de novas tecnologias são essenciais para o crescimento da produção e aumento da produtividade. Porém, o entendimento do processo de inovação e seu impacto econômico ainda é deficiente. Apesar disso, muitas das radicais alterações tecnológicas não estão se refletindo em melhorias na vida da sociedade (OCDE, 2018). Muitas incertezas também ganham corpo frente a avanços tecnológicos à medida que a cada dia se reduz para os usuários a necessidade de tradução do funcionamento dos novos artefatos mediados por TDs, destacando o fato de que, cada vez mais, diminui-se a capacidade de delegação humana em atividades mediadas, evidenciando uma tendenciosa linha crescente de assimetria no uso das novas tecnologias. Lemos (2017), por exemplo, aborda o tema com relação à internet afirmando que essa é uma rede sociotécnica híbrida, reunindo seres humanos e não humanos (como protocolos, *softwares*, satélites etc.) em rígidos regimes de delegação. O uso da internet exige tradução (termo usado para superar divisões entre domínios sociotécnicos). Isso implica dizer que essa tecnologia não pode ser compreendida como uma coisa autônoma, já que atravessa domínios, como o social, o político, o cultural etc. Para Lemos (2017), as traduções são mediações e conexões. Já a delegação, é uma relação recíproca entre o social e o técnico. Postman (1994) já pensava na tecnologia enfatizando alguns cuidados por conta dos impactos comportamentais que sua adoção e prática mostravam. Segundo Postman (1994) e Lemos (2017), novas tecnologias mudam aquilo que se entende como **conhecimento** e **verdade**, alterando hábitos de pensamento enraizados que dão a uma cultura seu senso de como é o mundo e alterando senso sobre a ordem natural das coisas, do que é sensato, do que é necessário, do que é inevitável, do que é real. Postman (1994) afirma que uma tecnologia não é boa nem má, mas que sempre

cumpra o seu objetivo primordial, que é suplantando uma tecnologia anterior. Não se trata necessariamente de “matar” uma tecnologia anterior, pois ambas podem coexistir. Na verdade, as tecnologias entram naturalmente em uma competição sobretudo pela visão de mundo. Segundo o autor, “esta competição é tão feroz quanto as competições ideológicas conseguem ser” (Postman, 1993).

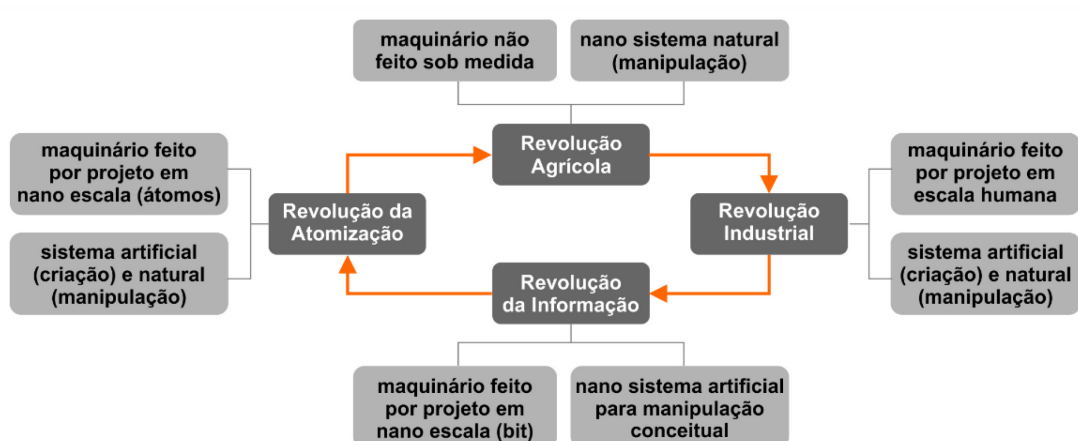
Outra abordagem relevante precisa ser feita: aquela sobre a característica cíclica dos desenvolvimentos das TDs. Drexler (2013) identifica um ponto de atração na evolução das ferramentas e dos processos que marcaram a evolução humana, definindo que as revoluções passadas oferecem lições que ajudam na compreensão da natureza de uma revolução que se avizinha. Cada revolução traz impactos generalizados ao mundo humano, mas também afeta a natureza das tecnologias. Ou seja, revoluções passadas podem conter lições para a compreensão de novas revoluções, gerando um interessante ciclo de renovação. O autor explica que:

- a Revolução Agrícola foi baseada em maquinário natural (não feito sob medida) para manipular a natureza;
- a Revolução Industrial foi baseada em máquinas feitas por projeto, criando formas artificiais para substituir o homem no trabalho;
- a Revolução da Informação também aconteceu por projetos, com base em dispositivos digitais em nanoescala (bits processando informações), otimizando as formas artificiais para substituir o homem, automatizando o trabalho;
- Completando o ciclo, a Revolução da nanotecnologia extrai das três revoluções anteriores seus os principais conceitos, pois emprega o natural (o molecular), o artificial (o maquinário) e o informacional, manipulando a matéria por meio de princípios digitais.

É um ciclo que se fecha e se reinicia, pois os avanços da última revolução vão consequentemente influenciar a próxima.

A Figura 24 representa um desses ciclos.

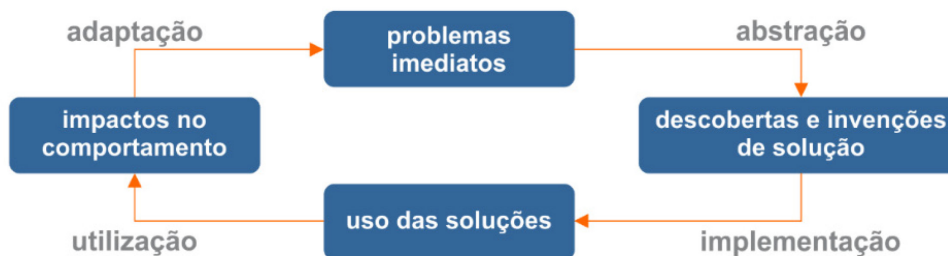
Figura 24 – Ciclo de desenvolvimento da tecnologia baseado em revoluções de tecnologia



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021, baseado em Drexler, 2003

É importante observar que, nesse processo evolutivo, existe uma inequívoca identificação de um padrão cíclico de expansão, com novos problemas, investigações, invenções e impactos oriundos da aplicação dos próprios processos desenvolvidos. A Figura 25 representa a generalização desse ciclo de desenvolvimento.

Figura 25 – Diagrama de generalização do ciclo de evolução da tecnologia.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Reconhecer padrões é um processo importante no trato das TDs. Brooks (2020) afirma que tal padrão representa o reconhecimento de características compartilhadas entre ideias e objetos, permitindo que os objetos possam ser classificados por meio de suas características compartilhadas, não se dependendo única e exclusivamente de sua definição conceitual.

5.2 O desenvolvimento das tecnologias digitais

As TDs surgiram e evoluíram a partir do final da II Grande Guerra. Conforme citado, sua abordagem como auxílio ao projeto tem início em meados dos anos 1960. Mas é a partir da segunda metade dos anos 1970, quando os primeiros sistemas efetivos

chegam ao mercado, que se inicia um ciclo de desenvolvimento específico, que vai do uso dos sistemas computadorizados de auxílio (*Computer Aided Design - CAD*) até os atuais sistemas de construção por manufatura aditiva (*Aditive Manufacturing - AM*). Usando como referência a generalização do ciclo de desenvolvimento da tecnologia (Figura 26), define-se tal evento como Ciclo de Desenvolvimento das Tecnologias Digitais.

Nesse ciclo, a proposta original e grande desafio para os desenvolvedores era conseguir, através da abstração e digitalização, construir simulacros virtuais dos processos de produção, mimetizando as atividades do mundo real. Foram desenvolvidas ferramentas computadorizadas para a **criação, aquisição, visualização e simulação virtual** dos objetos e sistemas do mundo, caracterizando o que se definiu como o “Movimento de Entrada” das coisas do mundo para um novo mundo virtual. Esse ciclo conceitual se fecha quando são disponibilizadas soluções tecnológicas que permitem a **materialização** dos simulacros gerados digitalmente, caracterizando o que se definiu como o “Movimento de Saída” das coisas do mundo virtual para o mundo real. Ou seja, digitaliza-se um objeto físico para criar seu correspondente virtual e depois o materializa de volta no mundo físico. A Figura 26 apresenta as etapas desse ciclo.

Figura 26 – Representação resumo do ciclo de desenvolvimento das tecnologias digitais



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Desde o início das pesquisas na área da computação e da TD, processos de abstração do mundo físico real são realizados. Primeiramente, aprendeu-se como desenvolver e representar objetos virtuais através dos *pixels* (os menores elementos em um dispositivo de exibição bidimensional - imagem digital).

Depois, aprendeu-se como materializar objetos físicos de volta ao mundo real através dos voxels (os menores elementos em um dispositivo de materialização rápida tridimensional, ou seja, o menor ponto de uma impressão 3D). A primeira etapa desse desenvolvimento se deu a partir da busca pela visualização dos objetos do mundo através de representações digitais. De acordo com Bachamann (2016) e Alam e Dhunny (2019), as representações digitais são baseadas nas grades quadradas unitárias cujas células (os *pixels*) permitem gerar arranjos de criação ou visualização de imagens digitais chamadas de imagens *raster* ou *bitmap* (mapa de *bits*). Todo o resultado do desenvolvimento dessa tecnologia evoluiu para a representação tridimensional, que, segundo Ooms et al. (2021) e Vantighem et al. (2021), utilizam unidades organizadas em arranjos tridimensionais (os *voxels*), que representam o equivalente tridimensional do *pixel* bidimensional.

5.2.1 - A sequência cronológica do desenvolvimento das TDs

O Quadro 13 apresenta um detalhamento com maior resolução sobre as etapas do ciclo de desenvolvimento das TDs descrito.

Quadro 13 – A evolução do ciclo de desenvolvimento das TDs

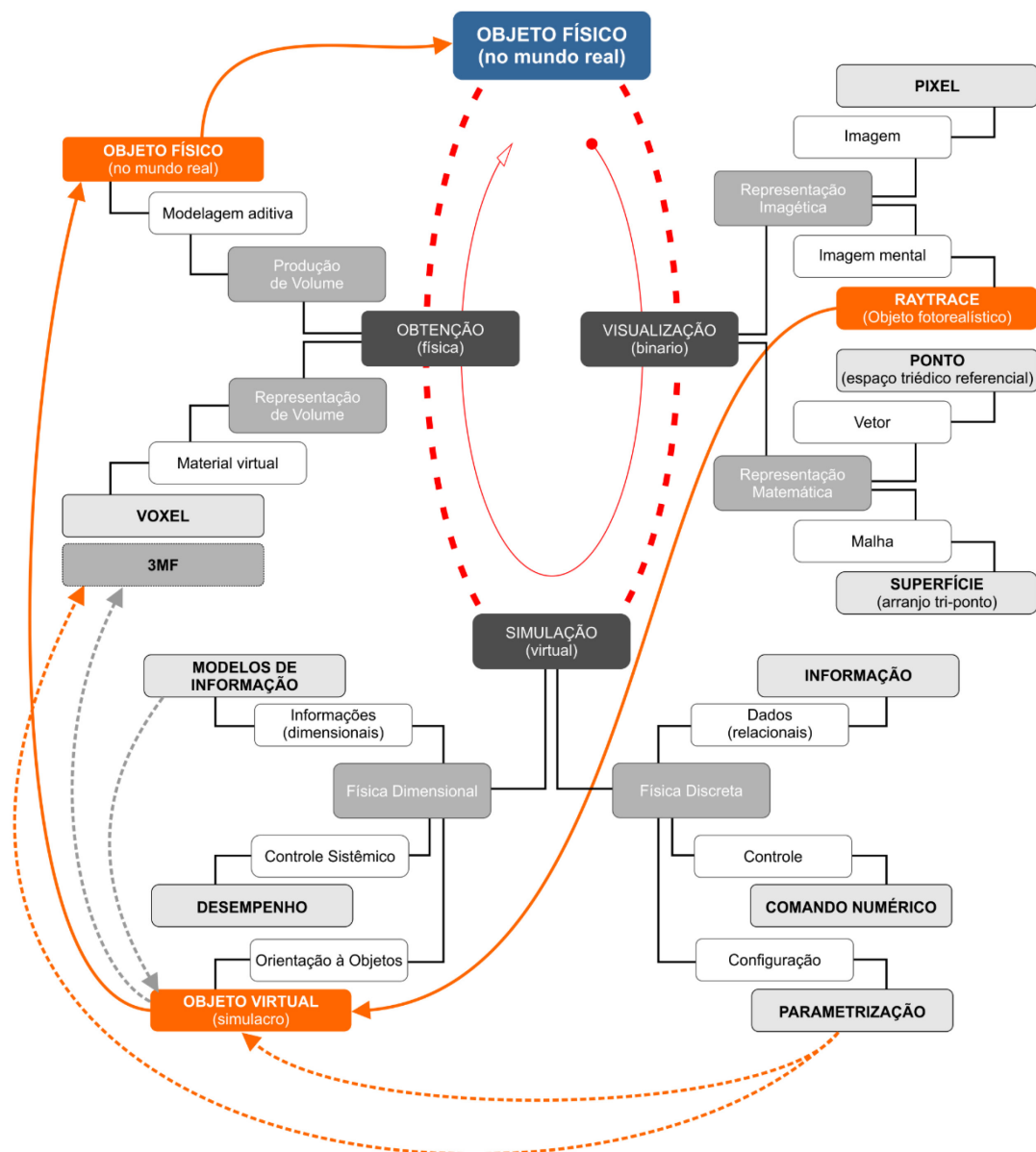
| Processo | Descrição |
|--|---|
| Fase 1: Aquisição Criação Vetorização | Abordaram as visualizações de seus correspondentes digitais através da obtenção direta das imagens adquiridas através de escâneres ou a partir de fotografias. Para os processos técnicos, foram desenvolvidos sistemas de vetorização, transformando pixels em parâmetros matemáticos relacionais representados por superfícies virtuais. |
| Fase 2: Simulação | Abordou a abstração dos processos de testes, tornando-os virtuais. Simulação é a metodologia aplicada que descreve o comportamento de um sistema por modelo matemático quando tal sistema real não pode ser acionado ou não existe. Atua por definições que garantem que os experimentos digitais trabalhem com as mesmas regras que o meio físico-gravitacional (ordem da similaridade e de comportamento). |
| Modelação & Simulação | Abordou a Integração das duas fases anteriores, criando uma disciplina, a M&S (<i>Modeling and Simulation</i>), trazendo a noção fundamental para que os modelos virtuais apresentassem comportamentos do mundo real. |
| Banco de Dados Dimensionais e os Modelos de Sólidos Virtuais | Permitiram que os modelos virtuais de objetos fossem associados aos seus atributos de materiais no mundo real. Trouxe a evolução da classe CAD - <i>Computer Aided Design</i> e permitiu a criação dos softwares de Engenharia Auxiliada por Computador (CAE - <i>Computer Aided Engineering</i>). Propiciou a capacidade de trabalhar com comportamentos de Física Aplicada e criação de modelos de sólidos virtuais. |
| Fase 3: Obtenção de Modelos Físicos: A Manufatura Subtrativa | A partir dos Modelos Sólidos Digitais com atribuições físicas, desenvolveram-se métodos para construção diretamente do espaço virtual, inicialmente por processos de retiradas de materiais, os <i>Subtractive Processes (SP)</i> , caracterizados pela fabricação orientada por Computador, ou CAM (<i>Computer Aided Manufacturing</i>), instalados em equipamentos com comandos numéricos - CNC (<i>Computer Numeric Control</i>). |
| Obtenção de Modelos Físicos: | A evolução das tecnologias trouxe a materialização por processos aditivos, ou <i>Additive Process (AP)</i> , representados pelas tecnologias de impressões 3D. É um |

| | |
|--|--|
| A Manufatura Aditiva (prototipagem) | processo no qual peças tridimensionais são construídas, usando materiais específicos, a partir de modelos virtuais CAD tridimensionais que são divididos em camadas virtuais finíssimas e depositadas uma a uma (impressas), reconstruindo fisicamente o modelo criado digitalmente. |
|--|--|

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021, baseado em Sokolowski e Banks (2009), Bryden (2014) e Cubillos (2017)

A Figura 27 representa em maior resolução o ciclo descrito.

Figura 27 – Diagrama de representação das interdependências das TDs²²



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

²² Alguns termos indicados no diagrama são apresentados no Tópico 10 – Análise para uma nova representação do cenário de atuação das tecnologias digitais.

É importante observar que a sequência de desenvolvimento das TDs relacionadas aos projetos: visualização, simulação e materialização possuem como principal característica a interdependência evolutiva em detrimento da sucessão tecnológica. Essa interdependência representa uma das principais características da evolução das tecnologias digitais.

O Quadro 14 apresenta as descrições e os conceitos associados aos novos processos a partir das etapas principais do ciclo de desenvolvimento descrito:

Quadro 14 – Descrição do ciclo de desenvolvimento das tecnologias digitais

| Fases | Objetivo do desenvolvimento | Tipo de representação | Resultado/Entrega | Identificação do marco de evolução |
|--|--|-------------------------|---|---|
| Fase 1 Ida do Objeto para o mundo virtual | VISUALIZAÇÃO Processo de digitalização | Imagética | Imagem Bidimensional | <i>Pixel</i> |
| | | | Imagem mental bidimensional foto realística | <i>Raytrace</i> |
| | VISUALIZAÇÃO Processo de representação matemática | Vetor | Imagem vetorial | Ponto Triédrico |
| | | | Imagem mental de malha de superfície | Arranjo de Pontos Triédricos (<i>Meshe</i>) |
| Fase 2 Objeto no mundo virtual | SIMULAÇÃO Processo de virtualização | Física Discreta | Dados Relacionais | Unidade de Informação |
| | | | Controle | Comando numérico |
| | | Física Dimensional | Relações Dimensionais | Modelo de Informação |
| | | | Controle sistêmico | Desempenho do Modelo de Informação |
| | | | Orientação à Objetos | Simulacro |
| Fase 3 Volta do Objeto para o mundo real | OBTENÇÃO Processo de materialização | Representação do volume | Material virtual dimensional | <i>Voxel</i> |
| | | Produção de volume | Modelagem aditiva | Constructo e/ou artefato |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

É relevante citar que o fechamento desse primeiro ciclo de desenvolvimento de TDs não representa necessariamente seu fim. Na verdade, provocou o início de um novo ciclo de desenvolvimento para:

- Tecnologias relacionadas a novos materiais: possibilidades de construção no mundo com foco em utilização imediata, maior eficiência produtiva e menor impacto ambiental;
- Tecnologias de parametrização e de processos generativos: como soluções integradas para problemas extremamente complexos;
- Tecnologias de inteligência artificial: principalmente aquelas relacionadas a aprendizado de máquina e redes neurais;

- Tecnologias de sensoriamento massivo: relacionadas à ubiquidade dos ambientes naturais e construídos, georreferenciamento, detecção e medição de propriedades físicas, visão computacional etc.

5.2.2 - Entendendo a interdependência-cumulativa na evolução das TDs

Um dos pontos definitivos da Teoria de Khun diz respeito ao conceito de incomensurabilidade. O pensamento de Postman (1994) se mostrou aderente a esse conceito ao afirmar que uma nova tecnologia, ao ser apresentada, simplesmente cumpre sua missão de suplantarmos a tecnologia anterior. A Figura 28 a seguir representa essa linha sucessória:

Figura 28 – Suplantação de tecnologias de acordo com Khun e Postman.

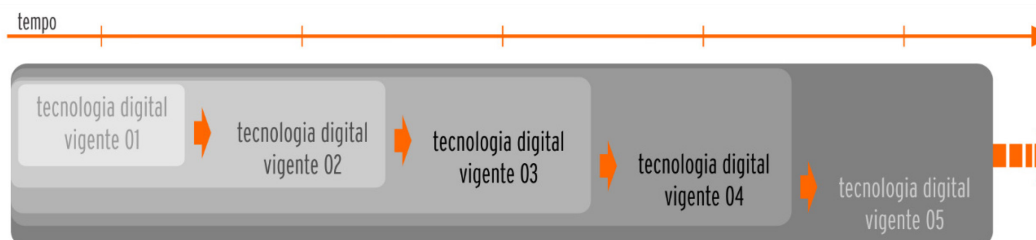


A evolução é dada em passos, as tecnologias digitais suplantariam umas às outras

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Entretanto, o desenvolvimento da TD apresenta um comportamento que precisa ser analisado: a característica da interdependência, que se coloca diametralmente oposta à característica sucessória da evolução da Ciência defendida por Khun e Postman. É preciso considerar que as TDs não suplantam as anteriores, pois seguem um fluxo direto de evolução contínua, porém, totalmente interdependentes, em um processo que se mostra muito mais complementar que sucessório, marcado também pela integração e ampliação dos focos de abordagem.

Figura 29 – As tecnologias digitais incorporam a características de interdependência em seu desenvolvimento.



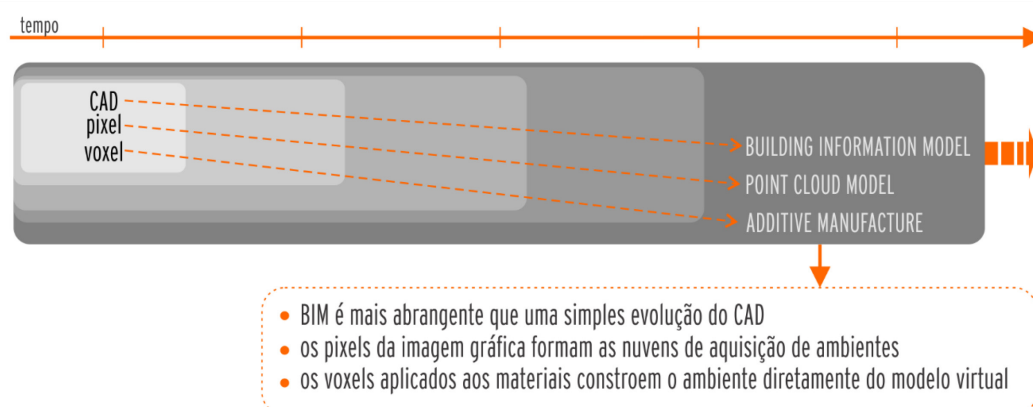
A evolução é marcada por interdependência, integração e ampliação do foco de abordagem

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

A Figura 29 representa o cenário modificado em função dessas características. Uma característica complementar é a tendência a ocupação de todo o espaço de utilização disponível, tanto dos espaços virtuais quanto dos territórios físicos. Contrariando a definição de incomensurabilidade, a ocupação de todo o espaço disponível de forma cumulativa coloca toda a abordagem do desenvolvimento das TDs em lugar distinto, onde tudo se relaciona sem ser suplantado. Pode até acontecer que alguma TD caia em desuso, mas não vai necessariamente se tratar de tecnologia suplantada. Como exemplo, pode-se citar as maquetes eletrônicas de arquitetura vistas por realidade aumentada que não suplantam as maquetes físicas, pois, em contrapartida, a prototipagem rápida garante uma notável otimização de tempo de construção. Historicamente, as tecnologias anteriores convivem bem com as TDs, levando considerável tempo para deixarem de ser utilizadas. Na verdade, o impacto definitivo se dá nos comportamentos e exigências de adequação das formas anteriores de uso. O processo descrito, em alguma medida, alterou a episteme do campo do conhecimento da projeção, agora auxiliado por TDs. A mudança conceitual e comportamental observada na realidade produtiva pós-TDs exige que todas as partes envolvidas em projetos se conscientizem continuamente sobre uma nova e irreversível forma de abstrair o mundo. Considerando, como exemplo, a tecnologia CAD, desde o começo, nos anos 1970, seu princípio de funcionamento e uso (2D e 3D) se mantiveram os mesmos, porém com inúmeros aprimoramentos ao longo dos anos.

A Figura 30 exemplifica o processo dual de evolução interdependente-cumulativa.

Figura 30 – A evolução do desenvolvimento das tecnologias digitais.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Quando a classe BIM, lançada em meados dos anos 1980 trazendo as inovações dos modelos de informação e da multidimensionalidade (nD), os processos originais do CAD foram herdados, ou seja, toda evolução foi aproveitada.

Esse ponto representa o principal motivo da irrelevância em se comparar CAD x BIM, amplamente difundida (até por algumas publicações científicas) e massivamente divulgada na mídia e na internet.

A característica de hibridismo, que os atuais desenvolvimentos apresentam, representa outro relevante atributo na compreensão sobre a total integração das TDs contemporâneas. No começo dessa história, a divisão por tipos de tecnologia de informação bastava (identificação dos softwares, dos hardwares e de alguns sistemas de interligação). Nos dias de hoje, esse arranjo não faz mais sentido. Mas, para validar esse conceito de hibridismo, é preciso compreender também a evolução dos comportamentos dos cientistas com relação ao surgimento das Tecnologias de Informação – TI (*Information Technology* - IT). March e Fischer (1995) afirmam que, desde o começo, a TI atraiu a atenção científica, em parte devido ao seu potencial para impactar a eficácia organizacional, mas também pela difusão dos fenômenos de mudança de comportamento da sociedade. Rapidamente, os desenvolvedores entenderam que a TI refletia suposições de que esses fenômenos poderiam ser mais bem explicados pelas teorias científicas, o que permitiria que, conseqüentemente, a pesquisa científica colaboraria para a melhoria da prática dessas novas tecnologias. Os autores também classificaram os tipos de pesquisas evolutivas das TIs:

- A **pesquisa Descritiva**: visa compreender a natureza da TI, representando atividade produtora de conhecimento, em correspondência à Ciência Tradicional;
- A **pesquisa Prescritiva**: visa melhorar o desempenho da TI, representando atividade de uso de conhecimento, em correspondência à Ciência do Design.

Embora não seja intrinsecamente prejudicial, essa divisão só reforçou a dicotomia discursiva entre as pesquisas científicas legítimas *versus* pesquisa de desenvolvimento de tecnologia. March e Fischer (1995) alertam que essa situação dentro da emergente (à época) Ciência da informação foi promovida em parte pelo prestígio atribuído à Ciência nas sociedades modernas e pela crença de que o termo “Ciência” deveria ser reservado para pesquisas que produzam resultados teóricos de conhecimento. Entretanto, a TI aprendeu a atuar nos dois campos e vêm se mostrando

muito bem-sucedida. Chen et al. (2023) afirmam que, por isso, empresas inventivas modernas colocam uma forte ênfase na pesquisa científica e na ligação entre Ciência e Tecnologia (*Science+Technology* - ST). Os autores afirmam que na indústria farmacêutica, as empresas que mais citam seus trabalhos científicos publicados são as que possuem maior número de patentes. Isso em função do benefício da utilização do prévio conhecimento científico produzido em suas pesquisas. Os resultados de desenvolvimentos integrados, descritivos e prescritivos representam o atual estado da arte para a prática projetual, sendo aplicados e testados no mundo real em inúmeras instâncias. Como exemplo, a Figura 31, a seguir, apresenta uma lista de TDs associadas à projetos para as áreas de Arquitetura e Engenharia de Construção. Os sistemas e dispositivos listados representam o papel da integração.

Figura 31 – Exemplos de tecnologias digitais disponíveis para Arquitetura e Engenharias de Construções (caráter de integração de sistemas e dispositivos).

Arquitetura



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

A abordagem escolhida para a Arquitetura e Engenharias de Construção mostra uma edificação em processo de *retrofitting* apresentando a lista de algumas TDs disponíveis relacionadas aos processos de projeto com abrangência sistêmica.

Como outro exemplo, a Figura 32 apresenta outra lista de TDs, desta vez associadas à projetos para as áreas de Engenharias e Design. Os sistemas e dispositivos listados também representam o papel da integração.

Figura 32 – Exemplos de tecnologias digitais disponíveis para Engenharias e Design (caráter de integração de sistemas e dispositivos).

Engenharia e Design



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

A abordagem escolhida para Engenharia e Design mostra um veículo autônomo e apresenta a lista de TDs disponíveis que se relacionam com processos de teste de usabilidade.

5.2.3 - Entendendo a temporalidade e a singularidade das TDs

Existe uma profusão de aplicativos e *gadgets* surgindo a uma velocidade muito grande definida por um rico mercado de novidades tecnológicas. Segundo a McKinsey (2013), a expectativa e o “barulho” causados para a futura próxima novidade tecnológica podem dificultar a identificação de quais tecnologias realmente importam, mesmo em áreas aplicadas como a de desenvolvimento de projetos. Apesar do foco em TDs que possuem maior potencial para gerar impactos econômicos substanciais, a McKinsey estabelece alguns parâmetros que auxiliam na identificação da relevância dessas tecnologias. Essas TDs relevantes podem surgir em qualquer campo ou disciplina, mas todas compartilham quatro características principais:

- alta taxa de mudança tecnológica;
- amplo escopo potencial de impacto;
- grande valor econômico que pode ser afetado;
- potencial substancial de impacto econômico disruptivo.

Para a McKinsey (2013), as tecnologias disruptivas geralmente demonstram uma taxa rápida de mudança, e seu escopo potencial de impacto é amplo. Essa mudança atinge pessoas, empresas e setores, afetando (ou dando origem a) uma ampla gama de

máquinas, produtos ou serviços. As tecnologias disruptivas representam um valor econômico significativo, afetando a economia, porém sem definir com certeza se positivamente ou não. Ou seja, algumas TDs carregam imenso potencial para mudar drasticamente o *status quo*, sem, contudo, indicarem em seus rótulos se de forma prejudicial ou não.

5.2.3.1 - Temporalidade

Confirmando o foco no auxílio aos projetos para soluções de problemas com possível aplicação imediata dos resultados, é preciso se concentrar em tecnologias disponíveis. A McKinsey (2013) definiu que essas tecnologias devem possuir tais características:

- a) ter estabilidade comprovada de funcionamento;
- b) ter disponibilidade efetiva (paga ou não);
- c) ter previsão de tempo de existência mínima de **oito (8) anos**, considerando evoluções e suportes.

Essa característica de tempo mínimo de vida de **oito anos** é relevante, pois garante tempo suficiente para migração a outros sistemas relacionados. Ou seja, TDs que ainda se encontram em desenvolvimento ou propõem soluções efetivas para mais de oito anos, certamente não atendem às demandas imediatas no mundo. Mas outras abordagens relevantes sobre temporalidade também devem fazer parte da discussão:

- o período que uma publicação científica leva para atingir uma quantidade suficiente de citações que a defina como de caráter científico relevante;
- o período que os conteúdos protegidos demoram para se tornarem acessíveis;
- o período de uso necessário de atribuição do caráter de inovação para o artefato.

Chen et al. (2024) citam que realmente existe uma “defasagem temporal” entre a ligação do conhecimento da Ciência/tecnologia e a inovação tecnológica. Segundo os autores, as corporações conduzem pesquisas científicas para primeiramente alcançarem a vantagem de pioneiras, permitindo-lhes alterar a curva de aprendizado, reduzir custos, melhorar o desempenho etc. Além disso, também garantem barreiras para novos entrantes, ou seja, as proteções consolidadas através de patentes, propriedades intelectuais e reservas de mercado.

Narin (apud Chen et al., 2024) indica um tempo médio de **quatro anos** de defasagem para que esse conhecimento protegido se torne disponível ou obtenha o reconhecimento de inovador.

Essa abordagem sobre a temporalidade, principalmente quando se observa os tempos de validação de uso para novas pesquisas, propicia uma indicação válida a uma seleção para as tecnologias de auxílio realmente hábeis de utilização imediata em projetos. Um exemplo poderia ser a publicação *Reservoir computing with brain organoids* (Computação de reservatório com organoides cerebrais) produzida por Cai et al. (2023) que aborda as pesquisas de *brainowear* que desenvolve *hardware* biológico. No artigo, os pesquisadores relatam o começo das pesquisas sobre fusão de inteligência artificial e “computadores biológicos” (com um *hardware* eletrônico, um *software* e um organoide cerebral) que serão capazes de realizar tarefas extremamente complexas. Os autores demonstram o potencial prático dessa tecnologia usando-a para reconhecimento de voz e previsão de equações não lineares em uma estrutura de computação binária digital atual. Porém, os autores finalizam o artigo ressaltando que ainda pode levar décadas até que sistemas gerais de biocomputação possam ser criados. Contudo, esses cientistas apostam que suas pesquisas gerem *insights* fundamentais sobre os mecanismos de aprendizagem e o desenvolvimento neural. Estudos como esse e suas conseqüentes tecnologias não serão abordados por esta pesquisa.

5.2.3.2 - Singularidade

Ao longo do tempo, uma profusão de investigações, pesquisas e avanços científico-tecnológicos vêm marcando a forma como a sociedade se comporta. O caráter da interdependência-cumulativa da evolução carrega consigo uma ideia de centralização de todo o desenvolvimento, o que provoca a percepção de que se atingirá o seu máximo potencial em uma determinada data ou evento²³. Ou seja, existe a possibilidade de que sua representação futura seja baseada em uma singularidade, um atrator que representará um estágio final de todo o desenvolvimento.

A ideia da chegada de uma singularidade é quase universalmente aceita pelos setores que lidam com a evolução futura das TDs, podendo praticamente ser definida como

23 Interessa aqui a definição de evento, que segundo Abbagnano (2007), que se associa a um fenômeno puntiforme, definido a partir de uma porção contínua do espaço-tempo ou seja, define uma data para acontecer ou deixa uma marca temporal.

mais uma de suas características. Esse evento futuro reserva o papel de orientador na relação com a tecnologia contemporânea ao indicar que, em determinado momento, a humanidade será condicionada a aceitar uma transformação final que indicará a chegada da automatização total da vida futura. Blackburn (2008) descreve que a singularidade define um ponto a partir do qual os cálculos comuns falham porque certas quantidades físicas se tornam infinitas. Abbagnano (2007) define que singularidade é uma propriedade que pertence imediatamente a tudo, e Audi (2019) complementa dizendo que a singularidade é uma referência ou pensamento sobre algo sem uma mediação essencial da conceituação. Pela perspectiva da evolução tecnológica, Kurzweil (2018) definiu que a singularidade representa o começo de um período no futuro em que o ritmo da mudança tecnológica será tão rápido e seu impacto tão profundo que a vida humana sofrerá mudanças irreversíveis. São muitos os estudos e abordagens sobre esse evento de transição evolutiva focados na evolução das bases de processamento da computação digital binária. Nomes como Vinge (1993), Russell e Norvig (2010), Von Neumann e Kurzweil (2012), Bostrom (2014), Norvig (2014), Yudkowsky (2017), Tegmark (2018), Yampolskiy (2020) e Kurtzeil (2018) afirmam que as pesquisas indicam que tal evento acontecerá em um “futuro próximo”. Esses autores definem que uma singularidade é entendida como o momento hipotético no qual a tecnologia se tornará incontrolável e irreversível, tornando-se fonte de mudanças imprevisíveis na civilização. Ou seja, ela marcará a superação da humanidade pela máquina (em um cenário distópico). Hui conclui que “a ideia de singularidade não passa de uma distração”. Mas é o comentário feito por Lemos (in: Hui, 2020) que muito interessa a esta pesquisa. Baseado em Hui (2020), Lemos afirma que o pensamento que define o que hoje se chama de tecnologia não é nem um absoluto nem um fenômeno único. É uma construção de uma coleção de diferentes conhecimentos e cultura na qual o conceito de multiplicidade funciona melhor que o de singularidade. Para Hui (2020), a concepção da singularidade representa uma ferramenta política que garante uma determinada forma de construção e disseminação de tecnologias, forçando a aceitação de que, às vezes, estas podem funcionar como força independente e superior à natureza. Isso só reforça a visão que interessa ao Tecnocentrismo e ao Tecnopólio e suas propostas de rendição diante da técnica.

O conceito de singularidade se aproxima muito mais da ideia de uma mudança paradigmática, como define a proposta de Khun-Masterman, porém, baseada não em uma supremacia das máquinas, mas talvez em uma mudança conceitual e real da atual base de desenvolvimento científico-tecnológico das TDs. Os resultados práticos das atuais propostas e pesquisas da mudança das bases binárias da computação digital vigente para uma computação quântica ou para a computação neuromórfica poderiam “datar essa mudança”.

Contudo, mesmo depois da mudança da base computacional, os processos com características de interdependência-cumulativa ainda estariam presentes e os processamentos continuariam a atuar sobre a informação, não descartando também a necessidade da mediação pelas interfaces.

6 A contemporaneidade das TDs: a abrangência sistêmica e a complexidade dos relacionamentos

No Tópico 3, foram abordados os cenários sob os quais se deu o suporte institucional à Academia, ao Estado e ao Mercado para a promoção da separação conceitual entre as pesquisas científicas e as pesquisas de desenvolvimento tecnológico. Contudo, para representar o cenário contemporâneo de atuação das TDs se mostra necessário uma análise contextual de como se deu a aceitação dos processos comportamentais previstos (ou descritos) pelos estudiosos dos desdobramentos da modernidade quanto aos processos que modificaram a vida na sociedade. Hui (2020) afirma que no séc. XX as tecnologias modernas se espalharam pela superfície da Terra e que, ao se convergirem, deram corpo a uma nova forma de competição tecnológica que redefiniu a geopolítica e a história. Prioritariamente, foi descartada uma nova forma de globalização em detrimento de um emergente processo de sincronização de tempo global tecnológico que prioriza tipos específicos de conhecimento como força produtiva principal. Compreender como essa sincronização acontece é passo importante para uma proposta de fragmentação e de autonomia. Para Hui (2020), isso pode representar uma nova interpretação para a noção de tempo histórico-linear ainda fortemente definido em termos de moderno/pós-moderno/apocalipse, ditado por tecnologias enquanto “forças produtivas exclusivamente orientadas pelo capitalismo” que evoluíram ao se investir em máquinas de informação, ao se atualizarem constantemente e ao se criarem fontes inesgotáveis de lucros a partir da invenção de novos dispositivos e interfaces.

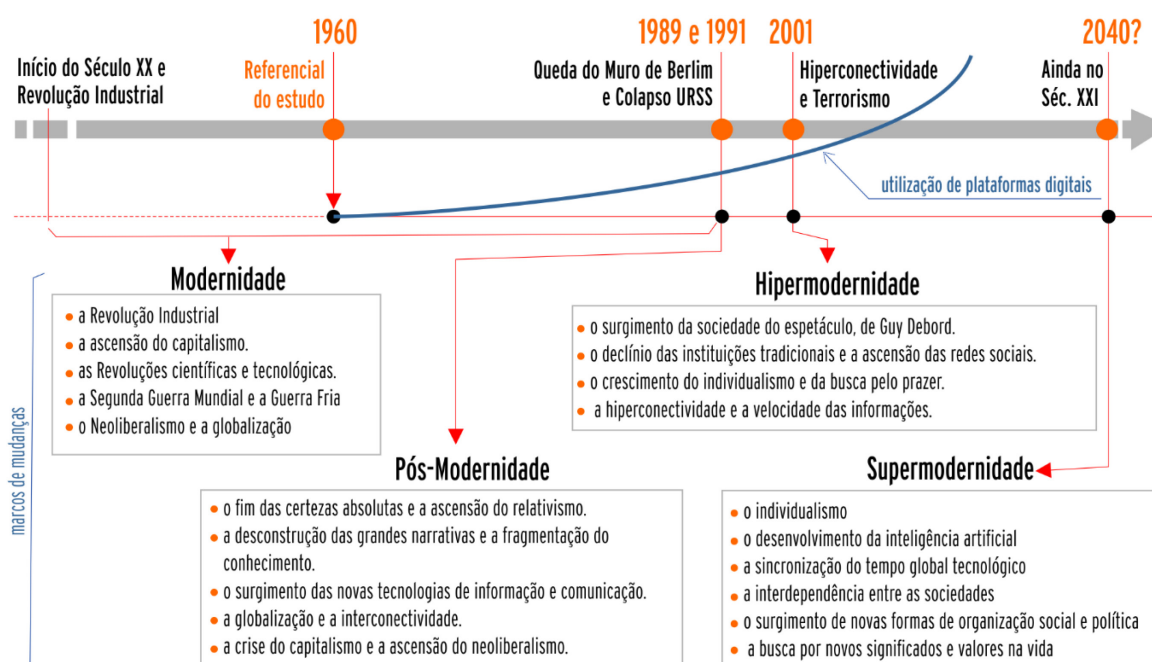
6.1 As mudanças contemporâneas dos comportamentos

Morin (2002) disse que a espaçonave Terra é movida por quatro motores: a) a Ciência, b) a técnica, c) a indústria e d) o capitalismo. Porém, esses quatro motores, apesar de associados, normalmente são descontrolados. Para o autor, a sociedade é: I) inseparável da civilização, II) inclui uma economia e III) comporta múltiplas correntes culturais, hibridizações e um certo número de valores padronizados. Mas quase sempre esses motores são incapazes de efetuar corretamente as regulamentações. Morin afirma que o global é mais que o contexto, é o conjunto das diversas partes ligadas de modo inter-retroativo ou organizacional. Isso dá a uma sociedade o papel do todo organizador de que se faz parte, mas que tem qualidades ou propriedades

que não são encontradas nas partes. Se uma parte dela é isolada, certas qualidades ou propriedades podem ser inibidas por restrições provenientes do todo. Por exemplo, focar somente no desenvolvimento de tecnologia engendra um tipo de conhecimento tão especializado que se torna incapaz de apreender os problemas multidimensionais, como o engendrando pelo impacto nos comportamentos.

Para se abordar as mudanças de comportamento da sociedade, uma análise sobre o cenário a partir do qual as TDs começaram a atuar mostra-se relevante. O contexto usado é baseado em Hui (2020), para o qual o tempo-histórico linear se dá pela observação da sequência Modernidade, Pós-modernidade, Hipermodernidade e Supermodernidade. A Figura 33 apresenta os principais marcos das mudanças.

Figura 33 – O cenário de mudanças de comportamento causado pelo desenvolvimento das TDs.



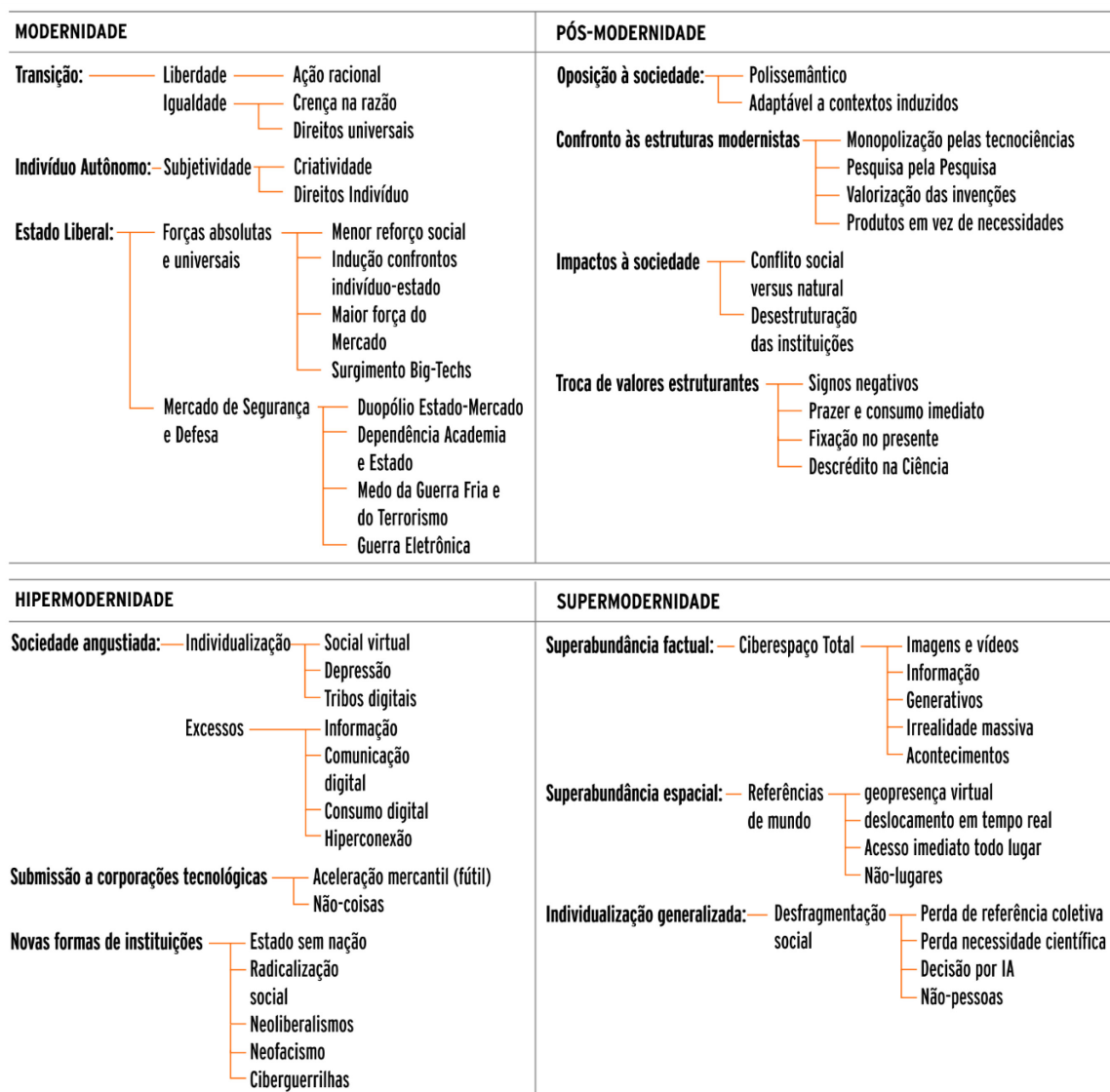
Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

A partir de autores²⁴ já referenciados pela pesquisa, foram identificados os marcos de mudanças mais significativos e uma matriz de relacionamento foi construída. O objetivo foi gerar uma representação do cenário de mudanças e identificar as tendências de comportamento existentes entre os relacionamentos. Para tal análise, os grupos listados abaixo foram considerados como os principais representantes da

²⁴ Os autores utilizados como referenciais teóricos são citados nesta pesquisa que aborda Modernidade, cultura, sociedade e humanidade e listados no Quadro 1.

complexidade de relacionamentos multidimensionais do tempo atual: a) a **Sociedade**, b) o **Indivíduo**, c) o **Estado** e d) o **Mercado**. A Figura 34 apresenta os pontos de mudança identificados.

Figura 34 – Os pontos de mudanças de comportamento desde o começo do Século XX.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

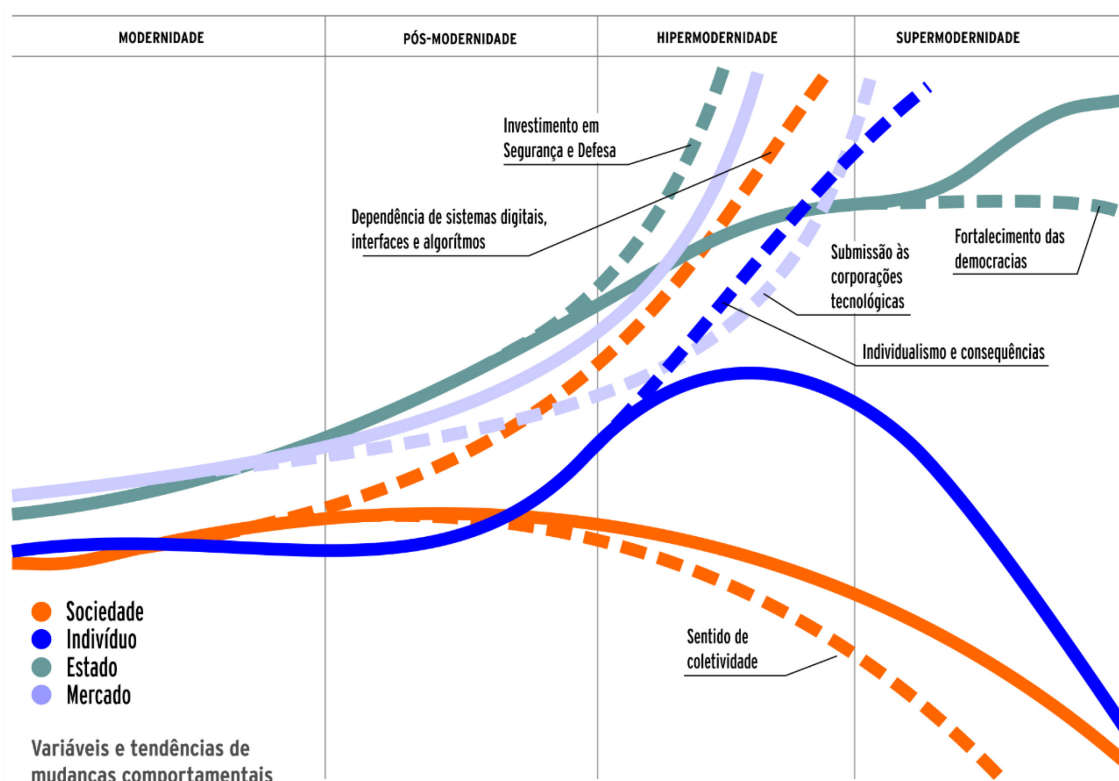
A partir da construção dessa matriz de atributos, foi abstraído um contexto qualitativo da tendência das mudanças de comportamento da sociedade associada à evolução das TDs. Importante citar que a análise dos pontos e da tendência de mudança foram orientadas por definições propostas pela pesquisa a partir de abstrações de modelos de observação.

Primeiramente, foram considerados os seguintes indicadores:

- **Atitude**, para todos os representantes;
- Percepção de **autonomia**, para o indivíduo e a sociedade;
- Percepção de **dependência**, para o indivíduo e a sociedade;
- Ações validadas por pesquisa, por desenvolvimentos e por disponibilidade de tecnologias para o Estado e o mercado.

Com essas informações definidas, uma matriz de pesos foi criada como base de informação para a geração do gráfico representativo, apresentado na Figura 36.

Figura 35 – Gráfico representando abstrações sobre as tendências de comportamento



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

A partir do gráfico gerado, foram realizadas a análise e a definição das tendências para as mudanças de comportamento dos quatro representantes com os seguintes pontos:

- 1) Aumento de poder de Estado e de Mercado acerca de decisões sobre o desenvolvimento da Ciência e da tecnologia;
- 2) Priorização de pesquisas relacionadas à segurança e defesa;
- 3) Aumento do caráter de individualização e perda do sentido de coletividade;

- 4) Aumento da influência de mercado por meio das *Bigtechs* da comunicação e informação sobre o comportamento da sociedade;
- 5) Diminuição do poder de decisão dos usuários e da sociedade em detrimento do aumento da dependência de sistemas intermediados por TDs;
- 6) Deslocamento conceitual orientado pela virtualização em contraponto à confirmação da realidade, obrigando, quase compulsoriamente, a lidar com a existência de não-coisas, de não-lugares e de não-pessoas;
- 7) Aumento do caráter de assimetria relacionado ao poder de decisão dos usuários.

Entretanto, seria necessário que de alguma forma as tendências abstraídas, identificadas e listadas pudessem ser validadas.

6.1.1 - Uma validação possível para as análises sobre a tendência de comportamento contemporâneo

Uma análise mais criteriosa sobre o comportamento contemporâneo da humanidade pode ser consultada nos relatórios anuais do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) da Organização das Nações Unidas (ONU). Interessou o Relatório 2021-2022 do ONU-PNUD (2022)²⁵, que abordou os tempos incertos e as vidas instáveis da sociedade contemporânea e a busca por opções sobre como construir o futuro em um mundo em transformação. Especificamente, foi analisado o Índice de Paz Positiva Global, que anualmente trabalha dados de 163 países, 99,6% da população mundial. O ONU-PNUD (2022) define que o Índice de Paz Global (GPI) é uma medida que avalia o estado de paz em diferentes países e regiões do mundo. Em 2023, 84 países registraram melhorias na paz, enquanto 79 países tiveram deteriorações. Contudo, o nível médio de paz global sofreu uma diminuição de 0,42% em relação ao ano anterior.

25 A Organização das Nações Unidas (ONU), através do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), publica anualmente o Relatório do Desenvolvimento Humano (RDH). O ONU-PNUD (2022) propôs trilogias abordando temas relevantes para a compreensão do cenário contemporâneo do mundo. A primeira trilogia de RDH estudou:

- Relatório de 2019-2020 sobre as desigualdades na sociedade mundial;
- Relatório de 2020-2021 sobre os riscos do Antropoceno e mudanças planetárias;
- Relatório de 2021-2022 sobre construir o nosso futuro a partir de tempos incertos.

A segunda trilogia de RDH está estudando:

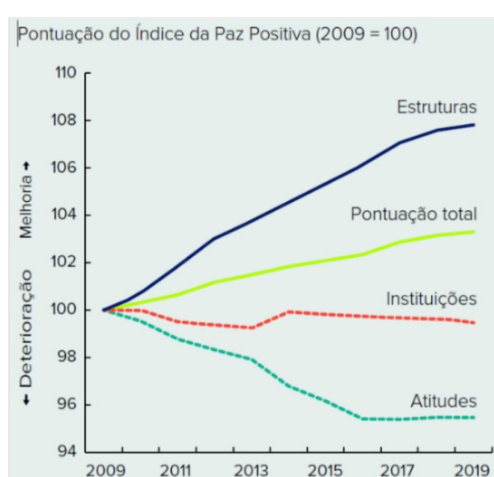
- Relatório de 2023-2024 sobre como lidar com a polarização do planeta;
- Relatório de 2024-2025 sobre como moldar nosso futuro digital compartilhado;
- Relatório de 2025-2026 sobre como organizar as aspirações humanas para o Antropoceno.

Em 2022, o Brasil ocupou a 159ª posição. A avaliação é feita com dados organizados a partir de oito (8)²⁶ pilares e vinte e quatro (24) indicadores, organizados em três domínios, que se alinham diretamente com os quatro representantes utilizados anteriormente pela pesquisa para a identificação das mudanças de comportamentos:

- **Atitudes:** medem perspectivas, tensões ou percepções sociais (alinhasadas ao Indivíduo e à Sociedade);
- **Instituições:** associadas ao funcionamento das organizações formais e informais do sistema socioeconômico (alinhasadas à Sociedade, ao Estado e ao Mercado);
- **Estruturas:** estão embutidas no quadro da sociedade, como a pobreza, ou são resultado de atividade agregada, como o PIB (alinhasadas ao Estado e ao Mercado).

Como resultado, o relatório destacou a existência de um paradoxo do progresso econômico e empresarial face à crescente polarização social. Ou seja, apesar das melhorias no desempenho econômico agregado, do avanço tecnológico e das oportunidades de negócio, as sociedades parecem ter se tornado menos harmoniosas, e as preferências políticas parecem ter se tornado mais facciosas e intolerantes (ONU-PNUD, 2022, p. 157). A Figura 36 apresenta o gráfico do Índice de Paz Positiva do relatório PNUD 2021-2022.

Figura 36 – Gráfico representando o Índice de Paz Positiva – Relatório PNUD-ONU 2021-2022



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023, baseado no Relatório ONU-PUD 2021-2022.

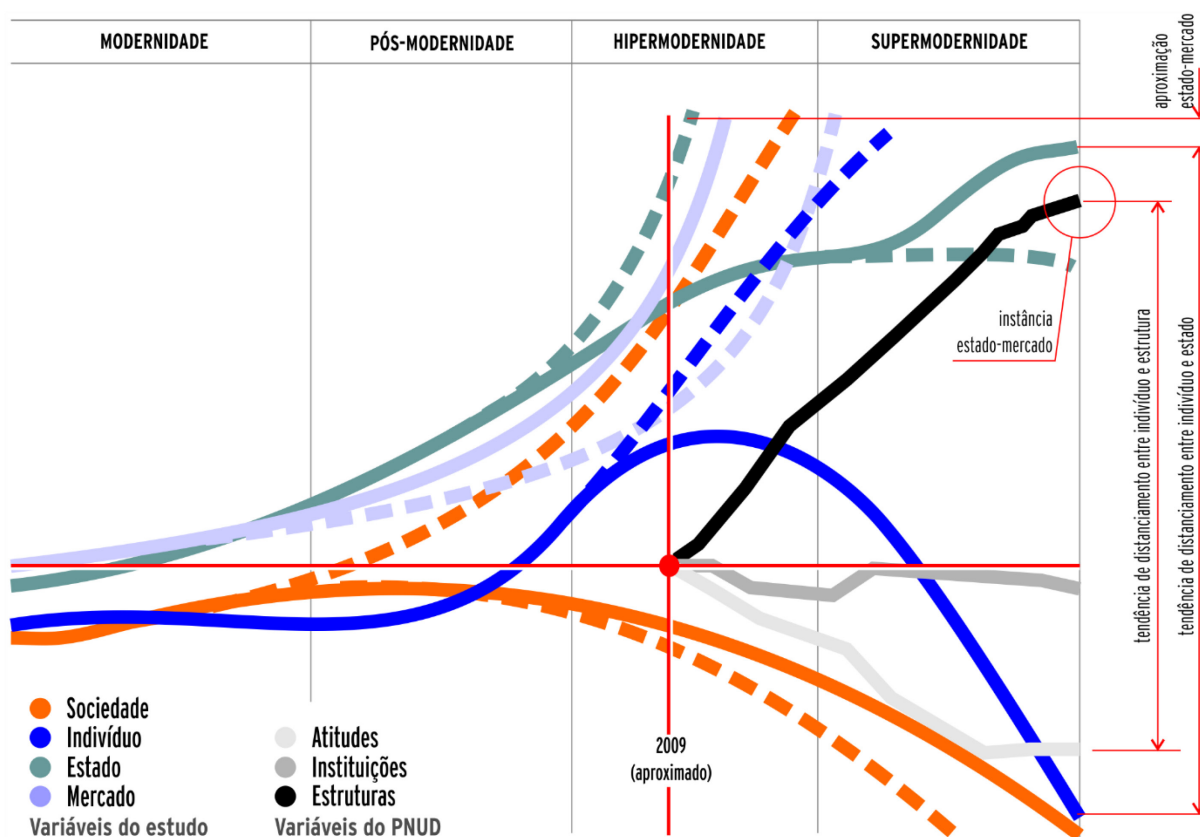
26 Os pilares são: a) governo funcional, b) distribuição equitativa de recursos, c) livre circulação da informação, d) boas relações com os vizinhos, e) capital humano elevado, f) aceitação dos direitos dos outros, g) baixo nível de corrupção e h) ambiente empresarial sólido.

Deve-se observar que o gráfico indica que, durante a última década, o índice foi impulsionado pelo progresso no domínio das estruturas, e não no domínio das atitudes, o que torna válida a tendência identificada de um distanciamento, cada vez maior, entre os setores de Estado e Mercado, a Sociedade e o Indivíduo. O deslocamento de todo o poder de decisão sobre quais TDs deverão ser desenvolvidas tende a se direcionar cada vez mais ao duopólio Estado-Mercado, o que define que muitas das decisões tomadas não correspondam àquelas que se preocupam com a melhoria de vida da sociedade.

Os resultados do relatório também ajudam a validar uma tendência de isolamento, cada vez maior, do Indivíduo, ao mesmo tempo que cresce, cada vez mais, a dependência por uma intermediação pelas TDs em seu convívio em sociedade.

A Figura 37 apresenta a incorporação dos resultados apresentados pelo relatório do Índice de Paz Global por meio do gráfico de tendências gerado pela pesquisa:

Figura 37 – Gráfico de alinhamento dos resultados da análise proposta para a tendência dos comportamentos com os resultados do Relatório PNUD-ONU 2021-2022.



Também, é importante considerar que toda a discussão sobre a evolução das TDs e mudanças de comportamento acontecem em um definitivo cenário de complexidade

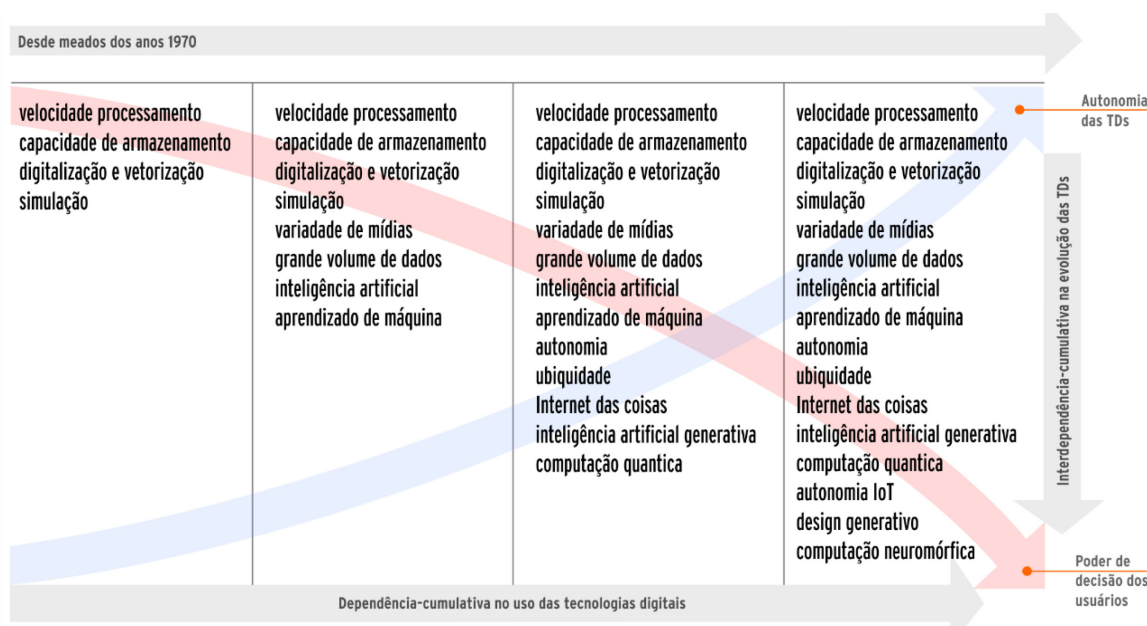
sistêmica, que funde intenções e interesses de fontes distintas e que, muitas vezes, geram discursos (propositais) incompreensíveis para a humanidade.

6.1.2 - Considerações adicionais sobre Assimetria

A tendência de distanciamento entre o indivíduo e o mercado (abordada pela pesquisa) e entre as atitudes da sociedade e as estruturas (abordadas pelo PNUD) somente reforçam e validam a ampliação do grau de assimetria existente nos processos relacionados à evolução das TDs. Pode-se considerar que o grau de assimetria associado a uma TD representa mais um relevante atributo na análise do impacto comportamental causado aos atores e aos usuários das tecnologias.

A cada passo da evolução (ou *upgrade*) e das intenções de implementação das novas tecnologias, torna-se, cada vez mais reconhecível, um distanciamento dos processos de tomada de decisão do indivíduo a favor das máquinas e sistemas digitais. Em “um futuro próximo”, isso terá papel relevante na definição de qual será o real poder de decisão do indivíduo com relação aos algoritmos atuantes.

Figura 38 – Representação das dependências e interdependências na evolução das TDs



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Como exemplo, a Figura 38 representa a evolução das TDs, listando as principais referências dos desenvolvimentos ao longo do tempo e destacando o caráter de interdependência-cumulativa dos avanços e desdobramentos da tecnologia original.

6.2 Considerações sobre a inteligência artificial

Um dos mais recentes impactos causados ao comportamento da sociedade tem relação direta com a disponibilização para uso civil de uma das classes de TDs: a Inteligência Artificial (IA). Trata-se de uma tecnologia de computação e informação, cujo desenvolvimento remonta ao início dos anos 1960. Porém, desde que na segunda metade de 2022, quando um dos tipos de IA generativa²⁷ foi disponibilizada para o usuário normal da internet, ficou claro que mudanças críticas de comportamento aconteceram e acontecerão em toda a sociedade, independentemente do tipo de ator ou usuário, tanto na validação de uso quanto nas incertezas da posse. Kelly (2017) considera que as IAs são responsáveis por uma das mais revolucionárias ações da humanidade, o processo de “cognificação”, que é inserir uma inteligência artificial em coisas inertes. Isso porque até uma dose mínima de inteligência incorporada a um processo existente comprovadamente eleva a eficácia desse sistema. Para esse autor, a IA representa a força primordial do futuro. As vantagens resultantes desse processo revolucionam a vida em uma escala muito maior do que as transformações resultantes da industrialização. Mas é preciso compreender qual é o tipo de inteligência artificial que assumirá esse papel. As pesquisas sobre Inteligência Artificial (IA) ou *Artificial Intelligence* (AI) não são novas, algumas delas possuem mais de 60 anos. Todos os avanços tecnológicos oriundos dessas áreas marcaram sobremaneira a forma de desenvolver projetos. Hoje, módulos ou aplicações de IA embarcada integram definitivamente as evoluções de sistemas, produtos e serviços. Segundo Mielke (2021), as IAs embarcadas são aquelas dedicadas a executar uma única tarefa de maneira extremamente eficiente e válida. São conhecidas como Inteligência Artificial Estreita, ou *Artificial Narrow Intelligence* (ANI), e se enquadram na classe das IAs Fracas (*Weak AI – WAI*), representando, apesar de tudo, o único tipo de IA disponível atualmente para projetos. Ludemir (2021) comenta que realmente não existem soluções algorítmicas para uma grande maioria de problemas que se tem no mundo.

²⁷ Em 30 de novembro de 2022, o ChatGPT foi lançado e rapidamente se tornou um marco na relação entre a sociedade e a inteligência artificial. Pertencendo à OpenAI, o ChatGPT é um *chatbot* baseado no modelo GPT (*Generative Pre-trained Transformer*), que foi projetado para simular textos coerentes e contextuais a partir de comandos ou perguntas. O crescimento de usuários foi exponencial. Em apenas dois meses, o ChatGPT atingiu 100 milhões de usuários ativos, transformando-o no aplicativo de consumo de crescimento mais rápido da história. Em janeiro de 2023, cerca de 13 milhões de usuários únicos utilizaram o ChatGPT por dia, mais que o dobro dos níveis do mês de lançamento.

Ou seja, ainda não é possível escrever programas para resolver todos os problemas. Contudo, a disponibilidade de enormes volumes de informações sobre esses problemas possibilita que se treine algoritmos específicos (aqueles que se consegue escrever) para que as máquinas possam aprender como lidar com tais problemas. Esse treinamento se dá por meio de aprendizado de máquina, ou *Machine Learning* (ML), e seu desenvolvimento tem atualmente demonstrado grande avanço, com inúmeras aplicações e artefatos válidos até para uso doméstico. Com isso, as máquinas vêm aprendendo a identificar, tratar e atuar sobre os padrões de vida e de comportamento da humanidade.

Para Goodfellow et al. (2015), as dificuldades enfrentadas pelos sistemas que dependem de conhecimento codificado sugerem que os sistemas de IA precisam ter a capacidade de adquirir seu próprio conhecimento, extraindo padrões de dados brutos. Mas Kissinger et al. (2021) afirmam que as IAs não conseguem “pensar” ou nunca atuarão da maneira exata que uma mente humana atua. Entretanto, o acúmulo de correspondências com os padrões da realidade humana adquiridos pelos modelos de IA poderia aproximar e, às vezes, exceder o desempenho da percepção e da razão humanas. Kurzweil (2018) e Mielke (2021) afirmam que já se atingiu um ponto em que a IA tem campo hábil para crescer; e, em algumas décadas, essas máquinas inteligentes poderão muito possivelmente superar a “inteligência humana”. Porém, antes disso, os autores alertam que uma mudança significativa acontecerá nos atuais modos de vida, comportamento, trabalho e educação. É preciso, então, também, compreender o que vem por aí e como lidar com esse avanço.

Historicamente, o termo Inteligência Artificial foi cunhado em 1956, quando foi criado esse campo de estudo e conhecimento. Genericamente definida, IA corresponde a um conjunto de técnicas para a construção de máquinas (informacionais) capazes de resolver problemas que requerem inteligência humana. Segundo Mitchell (2019) e Barbosa e Bezerra (2020), a tecnologia de IA se vincula à Ciência da Computação e se associa a questões como linguagem, inteligência, aprendizagem e resolução de problemas. Na realidade, o objetivo de se obter uma IA é entender e construir sistemas “supostamente inteligentes”, capazes de auxiliar na decisão e no controle de ações complexas, simulando uma solução “raciocinada” de um problema. No começo dos anos 1990, os estudos de IA ressurgiram de forma aplicada, depois de um longo período de pesquisas sem resultados consistentes.

As redes de computadores emergentes na época se utilizaram de princípios de IA para otimizar sistemas de navegação e indexação. A partir dos anos 2000, o desenvolvimento foi marcado pelo crescimento do número de pesquisas, testes aplicados e disponibilização comercial de produtos afins. Os anos 2010 em diante são marcados pelo acesso popular aos resultados práticos das pesquisas de IA, com possibilidade de uso de sistemas generativos, manipulação de massas de dados, assistentes virtuais domésticos e, recentemente, pela disponibilidade de uso de sistemas generativos de linguagem natural, como o *ChatGPT*. Importante citar que é perceptível o ganho progressivo de autonomia obtida pela tecnologia. A cada passo evolutivo das IAs, um aumento exponencial da autonomia desses sistemas é identificado. Isso é significativo para as práticas projetuais.

Entretanto, é necessário abordar a disponibilização das IAs frente a explosão midiática dos últimos tempos. Kissinger et al. (2021) e Pineau et al. (2021) relatam que muitas das atuais críticas, posições políticas e intervenções na responsabilidade algorítmica partem implicitamente da premissa de que os sistemas de IA funcionam muito bem. Elas são defendidas por narrativas sobre sua capacidade sobre-humana, sua ampla aplicabilidade e sua consistência feitas por setores de *marketing* corporativo e até mesmo por pesquisa acadêmica. Porém, como um aspecto negligenciado da política de IA, a funcionalidade é frequentemente apresentada como consideração secundária a outros desafios éticos. Mas as IAs seguem curso inevitável em cumprir suas etapas de evolução; e apesar de Goodfellow et al. (2015) e Scott e Shaw (2023) argumentarem que a vida cotidiana exige uma quantidade imensa de conhecimento sobre o mundo, sendo parte dele baseado em conhecimento subjetivo e intuitivo (ou seja, difícil de ser articulado de maneira formal por um sistema digital), o que se tem presenciado é a forte intenção de dar aos sistemas digitais a compreensão da realidade humana. Treinam-se IAs para simularem o poder de abstração da humanidade, de forma a aprender como preencher lacunas que somente um observador humano tem capacidade de perceber frente aos fenômenos do mundo.

6.2.1 - O universo da inteligência artificial: tipologia e aplicações

Scott e Shaw (2023) definem IA como uma ampla categoria de tecnologias cujo objetivo é automatizar trabalhos mimetizando o comportamento humano.

Em função de um crescimento acelerado de aplicabilidade, atingiu-se um ponto em que quase todo mundo interage diariamente com elas, muitas vezes sem se ter noção disso.

As principais categorias são sucintamente descritas no Quadro 15:

Quadro 15 – Principais tipos de desenvolvimento das IAs

| Nome | Descrição |
|--|--|
| <i>Machine Learning</i> (ML) Aprendizado de Máquina | Treinamento e algoritmos para aprender com dados e fazer previsões ou tomar decisões sem ser programado. Ex: algoritmos de recomendação, de detecção de fraude e reconhecimento de imagem (Ludemir, 2021). |
| <i>Neural Networks</i> Redes Neurais | Modelos de IA inspirados na estrutura e função do cérebro humano usados em tarefas de reconhecimento de imagem e linguagem natural (Mielke, 2021). |
| <i>Generative Adversarial Networks</i> (GANs) | Subconjunto de Neural Networks onde duas redes competem entre si. Ex: gerar imagens, criar <i>deepfake</i> e sistemas generativos para AECD. |
| <i>Deep Learning</i> (DL) Aprendizado Profundo | Subconjunto de Machine Learning para processar e analisar dados complexos dinâmicos. Ex: veículos autônomos, tradução de idiomas etc. (Goodfellow et al., 2015). |
| <i>Natural Language Processing</i> (NLP) Processamento de Linguagem Natural (PLN) | Modelo de IA focada na compreensão e geração da linguagem humana. Ex: <i>chatbots</i> de atendimento, <i>chatbots</i> generativos a partir de textos, assistentes virtuais (como <i>Siri</i> ou <i>Alexa</i>) e ferramentas de tradução de idiomas (Goodfellow et al., 2015). |
| <i>Speech Recognition</i> Reconhecimento de Fala | IA que converte linguagem falada em texto escrito. Ex: assistentes de voz, controles por voz e transcrição de fala para texto (Goodfellow et al., 2015). |
| <i>Computer Vision</i> Visão Computacional | Modelo de IA que entende e interpreta informações visuais de imagens ou vídeos. Ex: reconhecimento facial, detecção de objetos e sistemas de percepção de veículos autônomos (Tedeschi, 2014). |
| <i>Expert Systems</i> Sistemas Especialistas | Modelos de IA que imitam a perícia humana em domínio específico, usando conhecimento e regras para recomendar ou tomar decisões. Ex: sistemas de diagnóstico médico, auxiliares na criação para AED e <i>chatbots</i> de suporte ao cliente (Denning, 2017). |
| <i>Robotics AI</i> Robótica IA | Modelo de IA usada na robótica que permite reconhecimento de ambiente, tomada de decisão e execução de tarefas físicas. Ex: robôs e drones autônomos e assistentes robóticos industriais (White et al., 2015). |
| <i>Generative AI</i> IA Generativa | Modelo de IA capaz de gerar textos, imagens ou outras medias em resposta a solicitações em linguagem comum (Tedeschi, 2014). |
| <i>Reinforcement Learning</i> Aprendizado por reforço | Modelo de IA com treinamento de um agente para decisões em um ambiente, com feedback em forma de recompensas ou penalidades. Exemplos: jogos, robôs autônomos e algoritmos de otimização (Goodfellow et al., 2015) |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Deve-se citar que muitos outros campos ou modelos de pesquisa são desenvolvidos dentro dessas categorias principais de IA apresentadas. Muitas delas são criadas a partir de relacionamentos propostos para os motores originais. Por um lado, existem os Sistemas de Aprendizagem Supervisionada (*Supervised Learning System*) nos quais um humano rotula os dados de treinamento (um modelo de treinamento fechado).

Por outro, tem-se um *chatbot* baseado em Grande Modelo de Linguagem (*Large Language Model*), usando grandes repositórios de dados ou internet que é treinado por milhares de pessoas (um modelo de treinamento aberto).

Na realidade, atingiu-se um nível tão alto de integração algoritmo-artefatos baseados em IA que é bem difícil identificar um único modelo atuante. Entretanto, as IAs atuais são específicas, pois desempenham atividades cognitivas sem estarem acompanhadas de semântica ou atribuição de sentidos. Sabe-se que hoje a utilização dos modelos de IA é massiva em toda TD disponível, porém, tais sistemas ainda utilizam algoritmos baseados em modelos de IA Estreita (*Artificial Narrow Intelligence* - ANI), em função da necessidade elementar de aplicações 100% especializadas. A grande maioria das IAs desenvolvidas até então atua em processos de forma especializada, em blocos específicos e bem definidos. Também é importante compreender a existência das sobreposições das camadas de tecnologia e dos modelos de IA, pois, para cada uma delas, tem-se definidos algoritmos, sistemas e artefatos especificados. Para a maioria dessas tecnologias, a participação humana ainda se mostra relevante nas tomadas de decisões relacionadas.

Abordando a disponibilidade da tecnologia, Raji et al. (2022) citam que a funcionalidade de muitos desses modelos se apresenta hoje excessivamente direcionada para a obtenção da confiança do usuário comum, principalmente para atividades de criação sem validação, como o uso de IA generativa para imagens e vídeos. Esse enquadramento é orientado para que as pessoas confiem indubitavelmente nos sistemas de IAs. Ou seja, coloca-se todo o ônus dos desdobramentos de seu uso (como, por exemplo, a diminuição do mercado de trabalho) sobre as próprias pessoas, e não sobre as instituições desenvolvedoras. Na verdade, o que deveria ser feito é que estas instituições deveriam cuidar de tornar seus modelos de IAs mais confiáveis.

Um outro ponto importante de se considerar sobre as inteligências artificiais tem relação com a ubiquidade, ou a seja, sua capacidade (e tendência) de se espalhar e se diluir em ambientes ou territórios físicos por meio de dispositivos, rede de sensores, comunicação ou automatização de edificações.

6.3 Uma abordagem sobre os territórios digitais

São muitas as sutis mudanças semânticas relacionadas aos conceitos de lugar, espaço e território causados pelo desenvolvimento, disponibilidade e uso das TDs que promoveram uma reconceituação das relações espaciais no mundo físico, ao mesmo tempo que novas formas de se viver em um ambiente foram propostas para o mundo virtual. Mas a ideia não é se aprofundar nos conceitos formais de espaço e território pertencentes às disciplinas relacionadas, como a Arquitetura, a Geografia e aquelas associadas às Ciências Sociais (Sociologia, Antropologia, História, Ciências Políticas, Economia etc.), mas compreender as alterações e os acréscimos conceituais a partir dos processos impostos pela integração digital. Para diversas conceituações que estão relacionadas a essas áreas de conhecimento, os termos espaço e território trazem consigo uma multiplicidade de significados e conotações que reverberam em inúmeras disciplinas, debates e aspectos da vida. De acordo com Abbagnano (2007):

- **Lugar:** a noção de lugar é a situação de um corpo no espaço e o limite que o circunda, ou seja, uma realidade autônoma e relacional desse corpo com outros;
- **Espaço:** a noção de espaço possui três ordens de problemas: a) a respeito da natureza do espaço; b) a respeito da realidade do espaço e c) a respeito da estrutura métrica do espaço. Logo, representa o problema da exterioridade em geral, ou seja, a relação extrínseca entre os objetos, pela qualidade posicional no mundo, pela qualidade da contenção material e pela geometria.

Para Arendt (1998), Heidegger (apud Stein, 2002) e Kant (apud Pendlebury, 2022):

- **Território:** representa espaço necessário para a liberdade, posse e autonomia individuais, dando significado à vida humana. Representa pré-requisito para ação política, com a qual os indivíduos podem se reunir e participar da vida pública.

A perspectiva filosófica sobre o território enfatiza sua natureza multifacetada, envolvendo dimensões físicas, simbólicas, culturais e políticas. Fornece lente valiosa para analisar e compreender o papel do território na Arquitetura e na Geografia, destacando a importância do controle, identidade, simbolismo e disputa na formação e na transformação dos espaços territoriais.

Ao considerar essas dimensões filosóficas, arquitetos e geógrafos podem compreender o complexo papel que o território desempenha na formação do ambiente construído e no comportamento humano.

Mas é importante citar os impactos dos processos de virtualização do ambiente e suas relações com as TDs. Nos últimos anos, lida-se com termos como aldeia global, superação de barreiras espaciais, ruptura de horizontes, novos espaços de mundo, ciberespaço etc., de forma diretamente relacionada a um processo de transformação digital. Em muitos casos, o resultado disso representa uma crescente incerteza sobre o que realmente se entende por lugares (e como se pode relacionar com esses lugares), a partir do momento que temos a certeza, em função da digitalização e virtualização, que eles passam por um constante processo de transformação. Apesar dessa transformação se tornar efetiva em função de uma expansão da técnica, as grandes alterações conceituais se dão por contextos de tentativas de se reformular os conceitos de espaço e território em termos de relações sociais. Ou seja, a tentativa de se criar simulacros virtualizados das relações diretas com os lugares que se habita.

Duas publicações do final do séc. XX destacaram a transição para os então emergentes espaços virtuais: “Cibercultura”, de Pierre Lévy (1999), e “Sociedade em rede”, de Manuel Castells (2000). Lévy redefine o conceito de ciberspaço²⁸ como o espaço de comunicação aberto pela interconexão mundial e pelas memórias dos computadores. O autor destaca a importância da amplitude da codificação digital, afirmando que ela condiciona o caráter plástico, fluido, calculável com precisão e tratável em tempo real, de forma hipertextual e interativa. Castells aprofunda o fenômeno de um ponto de vista sociológico, destacando as relações entre o capitalismo e as tecnologias da informação, fazendo críticas e distinções entre a informação e o “informacionalismo”. Waldman et al. (2022) descrevem que, para Castells, a informação é elemento inerente a todas as sociedades em qualquer modo de produção vivenciado, ou seja, relevante na composição socioeconômica. Entretanto, em uma sociedade que vive em rede, a informação passa a adquirir força produtiva direta no processo capitalista, o que caracteriza o “informacionalismo”.

28 O termo **ciberspaço** foi inventado em 1984 por William Gibson em seu romance de ficção científica *Neuromance*. O termo designa o universo das redes digitais descrito como um campo de Batalha entre as multinacionais, palco de conflitos mundiais na nova Fronteira econômica e cultural (Lévy, 1999, p. 85). Lévy também apresenta outras definições propostas por autores como Ester Dyson, George Gilder, Jay Keyworth e Alvin Toffler. Para esses autores, o ciberespaço é a Terra do Saber, a Nova Fronteira cuja exploração poderá ser a tarefa mais importante da humanidade (Lévy, 1999, p. 85).

A relação descrita é relevante, pois a diferença entre os conceitos está na abordagem social relacionada à comunicação, à cultura e ao compartilhamento. Na abordagem capitalista, essa relação se dá com o lucro, o controle e a propriedade. Essas são as principais características que marcam todos os processos de virtualização dos conceitos de lugar, espaço e território nos últimos anos. A Figura 39 ilustra isso:

Figura 39 – As transformações conceituais para lugar, espaço e território relacionadas à virtualização



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Mesmo sem se realizar uma pesquisa aprofundada sobre todos os termos apresentados e seus conceitos associados, é possível abstrair uma tendência de alinhamento conceitual do uso contemporâneo dos espaços virtuais: uma ampliação da capitalização dos comportamentos. A proposição se alinha aos parâmetros de tendência do impacto de comportamento analisada anteriormente. Como exemplo, pode-se citar as diferenças conceituais entre os processos relacionados às redes sociais e ao seu conceito virtual correspondente (*netweaving*), destacados na Figura 39:

Rede Social versus Netweaving: Para Vassão (2020), uma **rede social física** no mundo real deve ser constituída por pessoas atuando para gerar a percepção do papel

daquele grupo na atuação sobre um ecossistema²⁹, construindo mapas vivos com experiência compartilhada. Ela representa a base de qualquer processo colaborativo. Na **rede social virtual**, de acordo com Stevenson (1998), uma metáfora da rede social física é utilizada para descrever como as comunicações emergentes e as tecnologias da informação superaram a tirania da distância. O uso das chamadas redes sociais cria a sensação de que barreiras de comunicação são substituídas por um intercâmbio mais amplo e aberto entre diferentes povos separados por distância e cultura. Mas, na verdade, a rede social virtual é uma ferramenta prioritária de publicidade deliberada por parte de um negócio, apesar da evidência de seu uso como uma ferramenta de comunicação. Stevenson (1998) também define que **netweaving** representa um outro contexto, como uma ferramenta embutida na rede social virtual para examinar e quantificar as aparentes tensões causadas pela introdução das tecnologias de comunicação e informação.

Em especial, ela investiga comportamentos relacionados às dimensões das seguintes camadas do tecido social: a) globalização versus localização; b) centralização versus descentralização; e c) padronização versus diversificação.

Em alinhamento com Massey (2001), Bimber (2003), Douzet (2014), Miller e Slater (2020) e Waldman et al. (2022), as atualizações conceituais pelas quais passaram algumas disciplinas relacionadas ao lugar e ao espaço foram:

Na Arquitetura e na Geografia, expandiu-se as possibilidades de design e construção, permitindo a criação de ambientes imersivos e interativos. Pesquisadores e projetistas desenvolvem espaços híbridos de interconexão físico-virtual, propiciando novas experiências aos usuários. O espaço virtual vem promovendo uma reconceituação do território, que agora inclui domínios digitais e redes interconectadas.

Nas Ciências Sociais, criaram-se formas de interação e comunidade, desafiando as noções tradicionais de espaço físico e território. A Sociologia, baseada no acesso e no uso da tecnologia, investiga as desigualdades e as hierarquias sociais que surgem no espaço virtual. A Antropologia, por exemplo, estuda como as redes sociais e os mundos virtuais estão criando outras formas de identidade e pertencimento.

²⁹ Para Metadesign, um ecossistema pode ser representado como quaisquer sistemas que não sabemos ou identificamos o limite, tamanho e a conformação de maneira precisa. E que, principalmente, não somos capazes de fazer isso.

A Ciência Política analisa as possibilidades de novas formas de participação política e ativismo que transcendam as fronteiras geográficas normais. Com isso, novos “lugares” foram criados:

- **Território Virtual:** espaço digital e imaterial controlado e disputado por indivíduos ou grupos, mas possuindo ainda propriedades e fronteiras reconhecidas por seus ocupantes. Contém recursos virtuais, como informações ou serviços;
- **Espaço Híbrido:** espaço que combina elementos físicos e virtuais, com formas de interação e experiência novas, transcendendo as fronteiras tradicionais entre o mundo físico e o mundo digital. Espaços híbridos são espaços integrados de realidade aumentada, realidade virtual e ambientes de trabalho colaborativos.

Essas mudanças conceituais têm implicações significativas para a compreensão da sociedade, da política e da cultura contemporâneas, pois desafiam as noções tradicionais de fronteiras, comunidade e identidade. Requerem novas abordagens para o estudo e planejamento do espaço e do território. São essas novas abordagens que interessam a esta pesquisa a partir de uma proposição para estruturação de uma nova forma de projeto, na qual o conceito de território será definido como território digital ocupado.

6.3.1 - Ubiquidade e a integração dos conceitos

Abordando TDs, o conceito de ubiquidade representa um elemento relevante pela relação direta com os processos de digitalização e virtualização que criaram os territórios digitais e os espaços híbridos. Segundo Abbagnano (2007), ubiquidade representa o modo de ser no espaço; consiste em estar tudo em todo o espaço ou em qualquer parte do espaço. Mas esse conceito sofreu adaptações em função da expansão do uso e da integração das TDs com o ambiente.

Para abordar a ubiquidade, é importante considerar as duas instâncias de atuação das TDs: a) atuação no espaço físico e b) atuação no espaço virtual. Meadows (2008) cita que cada salto de desenvolvimento das TDs aumenta o grau da ubiquidade nos territórios. Ao mesmo tempo, as tecnologias se tornam cada vez mais dissimuladas nos espaços de vivência. Isso vai gradativamente propiciando autonomia aos sistemas, cada vez mais embarcados no ambiente a partir de automações que se relacionam com os territórios físicos.

No entanto, a ubiquidade apresenta um caráter dual muito associado à característica da interdependência cumulativa dos desenvolvimentos das TDs. Representando o efetivo processo de integração das instâncias física e virtual do ambiente a partir da integração real dos sistemas, dispositivos, sensores e máquinas digitais, a ubiquidade permite o controle efetivo através do pareamento dos ambientes.

A base tecnológica dos desenvolvimentos ubíquos dos sistemas de automação e controle dos ambientes físicos vem da disciplina Computação Ubíqua (*Ubiquitous Computing*), que surgiu prevendo um novo espaço construído pleno de sistemas de suportes de comunicação e manipulação de informação totalmente hábeis de transversalidade. Weiser (1999) diz que ela é um ramo de estudo da aplicação, disponibilizando inúmeros sistemas computacionais de forma efetivamente invisíveis para o usuário, porém com acesso em qualquer lugar e instante (*invisible computing*). A virtualização se faz presente nos lugares, e os objetos e serviços sentem os aspectos do ambiente (locação, emoção do usuário etc.), adequando-se imediatamente. A aplicação se adapta automaticamente ao contexto descoberto, mudando seu comportamento (*active context awareness*) ou o contexto persistente (*passive context awareness*). A domótica, a internet das coisas, a autonomia de veículos e a realidade aumentada são alguns bons exemplos de resultados das pesquisas e desenvolvimento dessa área.

6.3.2 - Uma abordagem sobre meio ambiente

A observação de critérios para eco-orientação³⁰ é relevante premissa para a proposta desta pesquisa, primeiramente, pela grande disponibilização, nos últimos anos, de TDs que abordam o tema; depois, em função da relevância da tratativa da orientação ecológica para os projetos de AED. Vive-se em uma sociedade responsável por ações antrópicas desestabilizantes na qual o quadro de degradação dos recursos naturais tem se agravado por fatores dispare. Interessa, portanto, a compreensão das ações focadas nos desenvolvimentos que causem os menores impactos ambientais e que deem origem a métodos e ferramentas voltadas ao desenvolvimento sustentável. É importante observar que a abordagem de eco-orientação também propicia uma aproximação entre os projetos de produto e os de ambiente construído a partir de uma

30 Eco-orientação é um termo abrangente que se refere à prática de tomar decisões e ações que minimizam o impacto ambiental e promovam a sustentabilidade. Em outras palavras, é uma abordagem que busca harmonizar as atividades humanas com os ecossistemas naturais, visando garantir a preservação do planeta para as futuras gerações (nota do autor).

preocupação sistêmica com a cadeia ou rede e a logística de produção, bem como, com as atuais diretrizes para as mudanças climáticas e de matriz energética.

Para essa fase da pesquisa, foram selecionados alguns métodos e ferramentas de orientação à sustentabilidade para os projetos em detrimento de TDs de auxílio ao projeto. Porém, cada um desses métodos e ferramentas apresentados possui ou está associado a algumas das classes de TDs relacionadas à eco-orientação, possuindo *frameworks* próprios de utilização que propiciam um consistente alinhamento conceitual a uma proposta de projeto de futuro próximo. O objetivo é fornecer indicações dessas ferramentas disponíveis para essa prática projetual, buscando a compreensão de possíveis atuações integradas a partir de ações preditivas, com suporte das TDs na aplicação desses métodos e ferramentas. Em função disso, as apresentações a seguir serão sucintas, apesar de representarem, de forma consistente, os princípios e conceitos de uso das TDs; portanto, servindo como referências válidas. Para o NTUN-ZEN (2022), essas são iniciativas que se desenvolvem a partir das aplicações da Ciência de Materiais, da tecnologia de construção, da tecnologia energética e das tecnologias da arquitetura. Contam também com o envolvimento da indústria na busca de soluções econômicas com compartilhamento das responsabilidades ambientais. O Quadro 16 apresenta um resumo dos métodos relevantes para abordagem:

Quadro 16 – Referências de métodos e ferramentas de eco-orientação que interessam à pesquisa

| Sigla | Tecnologia | Descrição |
|-------|---|--|
| DfE | <i>Design for Environment</i> | De acordo com Sakao e Lindhal (2009), Borchardt et al. (2010) e Song (2019), o DfE dá suporte a um projeto que deve atender (além dos requerimentos tradicionais, como desempenho, custo, confiabilidade) outros parâmetros relacionados à sustentabilidade, como o aumento da eficiência energética, a redução do uso de recursos naturais, a otimização da eficiência do produto ao longo do seu ciclo de uso e os cuidados com a reutilização, reciclagem e/ou descarte. |
| PSS | <i>Product Service System</i> | O conceito de Sistema de Produto e Serviço se baseia em um arranjo integrado de bens e serviços que visa oferecer soluções completas e integradas a consumidores de bens, prioritariamente de base tecnológica. Yang et al. (2009) e Song (2019) definem que os projetos PSS ganham forte caráter social quando regidos por forças de atração que podem propiciar uma nova “construção social” na qual políticas relativas às pessoas e aos comportamentos poderão ser alcançadas a partir de análises predecessoras do projeto em si. |
| DfMA | <i>Design for Manufacture and Assembly</i> | A integração pela internet possibilitou uma ampliação da rede de produtores-fornecedores atuantes nos ciclos de desenvolvimento e produção dos produtos. Boothroyd et al. (2010) e Scur e Barbosa (2013) citam que os produtos, ou parte deles, começaram a ser fabricados e conseqüentemente comercializados em qualquer lugar do |

| | | |
|-------------|---|---|
| | | <p>planeta. Para um melhor controle, foram desenvolvidas metodologias de projeto orientadas para a otimização da manufatura.</p> <p>o DfMA representa, na verdade, a combinação de Design for Manufacture (DfM) com Design for Assembly (DfA), atuando como referencial para projetos orientados para a manufatura que agregam inúmeras vantagens, como a otimização dos reprojatos do produto (eficiência com reutilização de partes – repetibilidade e/ou herança), a diminuição de custo e dos problemas de logística, a montagem e a manutenção.</p> |
| DfD | <i>Design for Disassembly</i> | <p>O DfD orienta os desenvolvimentos para a otimização das operações de desmontagem, reduzindo custos e facilitando a reutilização econômica, a remanufatura ou reciclagem. Eliote et al. (2023) e Lausset et al. (2023) citam que, ao longo dos anos, a atuação da DfD foi ampliada com a criação de ambientes virtuais de desmontagem integrados pela internet, nos quais os projetistas podem virtualmente definir e refinar a sequência da desmontagem ideal, bem como utilizar partes e materiais “desmontados” disponíveis em bancos de dados relacionados³¹.</p> |
| ZERI | <i>Zero Emissions Research Initiatives</i> | <p>ZERI propõe uma mudança significativa no conjunto dos processos de produção industrial ao integrar os princípios e estratégias da qualidade total com os requisitos da qualidade ambiental. Atua a partir de três programas:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Eco-reestruturação - estratégia para o total redirecionamento da civilização industrial; b) Sustentabilidade Ecológica - capacidade dos ecossistemas de tolerar e de se recuperar das intervenções humanas ou da destruição atribuídas a causas naturais; c) Governabilidade Ambiental - o uso de normas, processos e instituições pelas quais o estado e a sociedade civil gerenciam o desenvolvimento de uma maneira ambientalmente sustentável. |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

³¹ O projeto BAMB – *Building Is a Material Bank* representa um exemplo relevante da aplicação descrita acima. Disponível em: <https://www.bamb2020.eu/> Acesso em: 25 de novembro de 2023.

7 A Propriedade, disponibilização e transbordamento das Tecnologias Digitais atuais

De acordo com Pirró e Longo (2007), o domínio do conjunto de conhecimentos específicos que constituem as tecnologias permite a elaboração de instruções necessárias à produção de bens e de serviços. Essas instruções são definidas através dos projetos que geram documentos e validações dos conhecimentos necessários e envolvidos. Elas representam as expressões materiais (nem sempre completas) da capacidade de se utilizar os resultados de investigação e as invenções. Porém, hoje em dia, muito dessa capacidade produtiva acontece desvinculada das reais necessidades mundiais de produção.

7.1 A produção e a pesquisa: considerações sobre a autoria dos desenvolvimentos

É relevante citar que é a produção de bens e serviços que interessa em qualquer tipo de desenvolvimento. Frequentemente, a palavra tecnologia é empregada para designar instruções, e não os conhecimentos que propiciaram a sua geração. Isso acarreta sérias implicações na correta compreensão de qual é o potencial ou independência tecnológica de um desenvolvedor de tecnologia (ou mesmo de uma nação). Ao se dar destaque ao fator produção (capital, insumos e mão-de-obra), a tecnologia passa a ser caracterizada como uma mercadoria, pois passa a ser objeto de operações comerciais, possuindo preço e dono, tratando-se, então, de um bem privado. Por ser reconhecida como produto, sua aceitação passa a ser exigida pelo sistema econômico. Ao ser aceito pelo sistema econômico, a propriedade do produto passa a ser disputada e obrigatoriamente protegida. Existe um processo de individualização de comportamento na sociedade que se alinha conceitualmente, de forma direta, a processos de definição de direitos relacionados à autoria. Pode-se também definir que os processos, pelos quais as invenções acontecem, alinham-se definitivamente às definições criadas para a proteção a partir dos processos de propriedade intelectual, tecnológica e industrial.

Segundo Pirró e Longo (2007), o Estado, o Mercado e a sociedade criaram convenções, normas e instituições específicas, a fim de qualificar e proteger a propriedade tecnológica.

Isso indica, muito nitidamente, a quais atores interessa toda essa discussão, pois, na realidade, juntos, os aparatos legais da propriedade tecnológica e da propriedade industrial (muitas vezes confundidas), **representam e dão prioridade à produção em detrimento do pensamento**. Isso destaca e dá representatividade a esses dois ramos de atuação distintos no âmbito da propriedade intelectual. Isto é, a **proteção que dá prioridade ao pensamento em detrimento da produção**.

Entretanto, essas proteções são sustentadas pela mesma premissa de que é possível manter monopólios sobre as criações da mente humana ou mesmo sobre os códigos da natureza, como, por exemplo, o caso das biopatentes³².

Stallman (2004) é taxativo ao citar que, na prática, quase todas as afirmações genéricas que se encontra sobre os processos de proteção formuladas com o uso do conceito de propriedade intelectual serão falsas, pois as alegações de que seu propósito é promover a inovação e a criatividade apenas permite uma adequação a um controle maior disfarçado. Na verdade, as leis de copyright e de marcas não estão realmente preocupadas com a criatividade e a inovação, mas com o controle das invenções.

Lessig (2001) define que uma propriedade é protegida por quatro forças que atuam de forma a aumentar ou reduzir a intensidade de uma regulação: a) uma lei própria; b) a normatização (nacional e internacional); c) o Mercado; d) a arquitetura dos sistemas (referente à arquitetura das estruturas dos arranjos – objetos, serviços, *software*, *hardware* etc.).

As Leis são as forças mais óbvias de proteção. As normas cuidam de algumas ações não cobertas pelas Leis, mas que, muitas vezes, estão tão próximas delas que poderiam ser confundidas com as próprias Leis. E muitas das arquiteturas de tecnologias são absorvidas e incorporadas pelo Mercado a ponto de se reivindicar a propriedade destas.

Na verdade, muitas tecnologias e suas arquiteturas de arranjo já deveriam ser consideradas como de domínio público, livre e universal.

³² Biopatentes são patentes concedidas para invenções na área da biologia, frequentemente chamadas de patentes sobre seres vivos. Podem, portanto, incluir invenções relacionadas a organismos vivos, que dão ao titular total propriedade e controle sobre o organismo patenteado por um período específico, geralmente 20 anos. Representam uma forma de direito de propriedade intelectual concedido pelo Estado para proteger invenções de produtos feitos de materiais biológicos (Hirst, 1992 e Gavaghan, 1998).

Para Bollier e Helfrich (2012), Helfrich (in: Belisário; Tarin, 2012) e Helfrich e Bollier (2019), o Estado e o Mercado, fortemente ligados um ao outro, possuem muito interesse no controle dessa área, compartilhando uma mesma visão sobre o progresso tecnológico e a concorrência de mercado. Trata-se de uma visão liberal que tenta se apresentar como política democrática e que se articula em torno de direitos e liberdades individuais. Para esses autores, Estado e Mercado estão comprometidos com um tipo de desenvolvimento e crescimento econômico que poderia dismantelar os meios de subsistência da sociedade. Formam um inquestionável duopólio. Ainda segundo esses autores, Estado e Mercado definem atualmente uma maneira particular de se pensar o mundo que colabora com a desconstrução de paradigmas que definem como é o mundo. Todo o controle proposto pelas leis de propriedade intelectual, seus similares e desdobramentos, na verdade, representam um grande processo de cerceamento em funcionamento.

Foi sobre essa estrutura que se fundamentou e se desenvolveu um segmento de mercado que impactou (e ainda impacta) a evolução das TDs. Trata-se da indústria de Segurança e Defesa (S&D) e de Tecnologia Militar (TM). Nessa área, toda pesquisa científica e desenvolvimento tecnológico se tornaram atividades realizadas com o objetivo de se produzir novos conhecimentos classificados. A justificativa é a segurança nacional que, apesar do suporte científico, muito se baseia na experimentação. Os projetos financiados nesse segmento normalmente são definidos e desenvolvidos sem atender a objetivos que realmente abordam as reais necessidades da sociedade.

O objetivo desta pesquisa, ao se aprofundar na compreensão dos processos alinhados ao desenvolvimento das tecnologias militares, é validar que o S&D detém os maiores valores mundiais para os investimentos em projetos de TDs, o que concede a ele quase total controle sobre a autoria e a propriedade de significativa quantidade de TDs no mundo.

Todo o ciclo que coincidentemente começa a se intensificar a partir da segunda metade do séc. XX se alinha às propostas de atuação por parte da Ciência que aceitou as justificativas das pesquisas puras e da valorização das invenções induzidas, analisadas no Tópico 3.

Tudo isso construído a partir de um cenário propenso de incertezas na sociedade, o que pavimenta o caminho para esses investimentos imensuráveis nos setores relacionados à guerra em quase todas as nações do mundo.

Na verdade, interessa reconhecer os padrões das estruturas sob as quais os desenvolvimentos das TMs acontecem e os caminhos que as TDs geradas percorrem até a disponibilização para os atores de projetos e os usuários finais.

7.2 A indústria de segurança e defesa: o desenvolvimento das Tecnologias Digitais militares

O setor de Segurança & Defesa representa a união dos interesses das duas instituições que mais cresceram desde o séc. XX, de forma quase simbiótica: o Estado e o Mercado. Hoje, o setor é responsável por gerenciar concorrências de solicitação de projetos em empresas selecionadas e universidades distintas, com a justificativa de se estimular a inovação. Na verdade, atuam com o objetivo de garantir que as forças armadas e as agências de segurança tenham acesso à tecnologia mais avançada disponível.

De acordo com Pirró e Longo (2007), esses projetos de concorrência representam uma forma de controle na avaliação e seleção de fornecedores de pesquisa e desenvolvimento (P&D) baseando-se em critérios como a capacidade de se cumprir requisitos de sigilo e de aceitar restrições sobre propriedades intelectuais. Morse (1975), Evans (1976), Hassler e Goebel (1982) e Pirró e Longo (2007) definem Tecnologia Militar (TM) como sendo o agregado organizado de todos os conhecimentos (científicos, empíricos, intuitivos) requeridos para produzir, disponibilizar e empregar bens e serviços para fins bélicos.

A TM traz a característica de uma atuação “autônoma controlada pelo Estado” e é regida por notórias doutrinas desconectadas da realidade social, como:

- doutrina da TM de Equipamentos: primeiro, desenvolve-se a arma, depois, a estratégia de uso;
- doutrina de TM Estratégica: primeiro, define-se os objetivos, depois, desenvolve-se as armas;
- doutrina de TM de Conceito Operacional: primeiro, define-se a postura militar, depois, desenvolve-se as estratégias e as armas.

É importante observar que essas doutrinas, prioritariamente, garantem o desenvolvimento de armas como solução dos problemas.

Pirró e Longo (2007) afirmam que, na realidade, a questão não é decidir quem ou o que é prevalente, mas estabelecer uma eficiente integração entre o desenvolvimento tecnológico, a estratégia militar e os conceitos operacionais da guerra. É importante considerar que os investimentos nesse setor têm um impacto significativo na economia mundial, visto que a indústria de S&D representa parte vital da infraestrutura de qualquer nação, por meio da qual os governos justificam os altos gastos com a proteção dos cidadãos e a preservação da soberania do país. A TM é vista como essencial para se prevenir ameaças externas e internas, mas também ressalta o grande potencial para estimular a economia. O Quadro 17 apresenta um resumo do cenário de desenvolvimento das TMs desde meados do séc. XX.

Quadro 17 – Cronologia do cenário mundial do desenvolvimento das TMs

| Resumo do cenário mundial do desenvolvimento das TMs | |
|---|--|
| Cronologia | Descrição |
| Após Segunda Guerra Mundial (1945) | a premissa urgente de se manter a paz e a segurança global levou à instituição de políticas e estruturas de defesa. O conceito de segurança nacional se enraizou nos Estados Unidos e se propagou por todo o mundo. Os Depto. de Guerra (herança do pós-guerra) foram se transformando em Depto. de Segurança e Defesa, causando impacto nas pesquisas e no desenvolvimento tecnológico. |
| Os Pactos de Defesa Mútua (1947 e 1955) | com a Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN) e o Pacto de Varsóvia ampliou-se ainda mais as ações conjuntas de desenvolvimento de TMs em ambos os blocos. |
| Guerra Fria (1947) | aumento significativo nas investigações científicas e no desenvolvimento das TMs. |
| Após Guerra Fria (1991) | os investimentos para o setor de S&D se mantiveram através de aumentos nos gastos anuais em novos desenvolvimentos e manutenção dos sistemas de armas existentes. |
| Protocolo Terrorista (2001) | no início do séc. XXI, foram implementados novos conceitos para justificar novo aumento significativo nos investimentos, inicialmente nos Estados Unidos, em função dos atentados às Torres Gêmeas em Nova Iorque em 11 de setembro de 2001. |
| Tecnologia de Uso Dual (2003) | através dos desenvolvimentos de Tecnologias Duais (TD), o S&D ampliou o seu poder de controle ao financiar iniciativas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) com empresas e universidades fora do círculo dos militares. |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Os cinco países que mais investem nesse setor são: Estados Unidos, China, Índia, Reino Unido e Rússia, sendo que, em 2023, os Estados Unidos empenharam 41% do gasto militar total do planeta. O valor total global do investimento em S&D em 2023 foi de US\$ 2,2 trilhões. Este é o maior nível já registrado desde o auge da Guerra Fria em 1988 (US\$ 2,1 trilhões - atualizado).

O *Stockholm International Peace Research Institute* - SIPRI (2023) informou que, em 2023, os Estados Unidos investiram 877 bilhões de dólares³³. O aumento percentual médio para o setor no mundo foi de 4,46%. Os gastos militares atuam em relação direta, complexa e multifacetada com a estabilidade política global, podendo impactar de muitas maneiras nessa estabilidade.

7.3 O desenvolvimento das tecnologias de uso dual e os processos de compartilhamento

Segundo Davies (1994) e Barbaroux (2019), o conceito de dualidade surgiu nos Estados Unidos após a II Grande Guerra baseado nos cuidados necessários para se evitar a disseminação de tecnologias e armas que ameaçassem a vantagem estratégica adquirida. Com o tempo, o conceito evoluiu, baseando-se na dualidade do seu desenvolvimento, ou seja, os resultados deveriam atender satisfatoriamente tanto os interesses da S&D como a sociedade civil. A dualidade tecnológica foi então incentivada, ampliando a atuação da S&D na indústria privada e nas universidades. A corrida espacial é um exemplo notável de como a política de defesa influenciou a forma combinada da pesquisa científica e do desenvolvimento tecnológico. As duas superpotências investiram pesadamente em tecnologia espacial. Não apenas por seu valor científico, mas principalmente por seu potencial militar. A característica de dualidade é nitidamente representada pela posterior invenção dos Mísseis Balísticos Intercontinentais (*Intercontinental Ballistic Missiles* - ICBM), arma estratégica de dissuasão nuclear desenvolvida a partir dos avanços dos foguetes da exploração científica espacial. De acordo com Barbaroux (2019), foi o advento das TDs que provocou mudanças significativas nas áreas de P&D, fazendo aumentar o papel das empresas privadas e universidades e, conseqüentemente, o número de patentes no mundo. A competição pelas proteções intelectuais foi intensificada, tornando mais complexo o conhecimento mobilizado (aquele que transita entre diferentes setores de investigação e produção). Segundo o autor, para se adaptarem, as partes interessadas na inovação no domínio da defesa aceleraram o desenvolvimento de TDs, criando fundos comuns de financiamento (principalmente com as universidades) e abrindo a participação de novos mercados (incluindo estrangeiros).

33 Seguido pela China com US\$ 293 bilhões, a Índia com US\$ 76,6 bilhões, a Rússia com US\$ 65,9 bilhões e a França com US\$ 59,9 bilhões. O Brasil investiu US\$122,6 milhões em 2023, com aumento previsto para US\$126,1 milhões em 2024 (SIPRI, 2023).

Tudo se deu, segundo Barbaroux (2019), em função, por um lado, da necessidade de adaptação do setor de defesa às mudanças no sistema científico e tecnológico e, por outro, do aumento da concorrência e crescente complexidade do conhecimento classificado (aquele que é estrategicamente protegido de acesso para alguns setores de investigação e produção). Barbaroux (2019) também afirma que a tendência para um aumento da P&D civil foi acompanhada por um reforço do papel dos intervenientes privados em empresas e/ou universidades, especialmente em empresas civis ligadas à informação e à computação, que investiram pesadamente, dominando, de forma efetiva, o mercado digital. De fato, os investimentos em pesquisa e desenvolvimento por gigantes digitais são enormes (Barbaroux, 2019, p. 32). Contudo, é relevante citar que é notório como as P&D civis atendem, quase em sua totalidade, aos interesses do setor de S&D. Como exemplo, a Quadro 18 apresenta os valores investidos em 2023 pelos seis maiores grupos/empresas civis (as maiores *Bigtechs* atuantes em termos de capitalização de mercado). O total investido no período foi de aproximadamente US\$160 Bilhões.

Quadro 18 – Valores dos investimentos em P&D civil em 2023

| Empresa (ou grupo) | Valor investimento em I&D (Bilhões de US\$) | Crescimento de investimento (em relação a 2022) |
|--------------------|---|---|
| Amazon | 42.7 | 35% |
| Meta (Facebook) | 29.1 | 22% |
| Alphabet (Google) | 27.8 | 19% |
| Apple | 24.2 | 20% |
| Microsoft | 22.1 | 18% |
| Tesla | 6.6 | 28% |
| SpaceX | 7.0 | 44% |
| Neuralink | 0.5 | 50% |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024, baseado em Amazon (2024), Meta (2024), Alphabet (2024), Apple (2024), Microsoft (2024) e Tesla (2024)

Importante observar que, nos últimos anos, os principais desenvolvimentos e pesquisas dessas empresas foram: a) inteligência artificial, b) computação em nuvens, c) realidade virtual e aumentada, d) carros autônomos, e) biotecnologia, f) viagens espaciais, g) foguetes reutilizáveis, h) constelações de satélites de comunicação e i) interfaces homem-máquinas. Mostra-se desnecessário um exercício de avaliação muito intenso para se identificar utilizações duais em todas essas pesquisas.

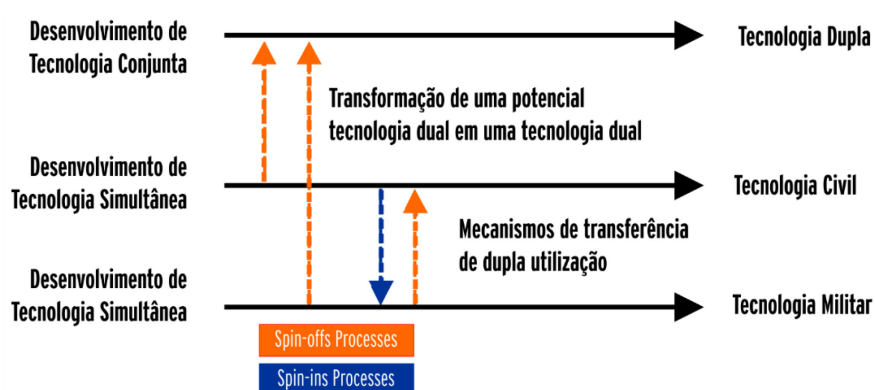
Segundo a SIPRI (2023), esses desenvolvimentos se mostram bem aderentes às doutrinas de TM, sendo, porém, muito difícil associá-los diretamente aos gastos e/ou investimentos do setor de S&D, justamente pela característica de uso dual. O sistema de desenvolvimento das TMs mostra cada vez mais fortes relações entre Estado-Ciência-Indústria (nessa ordem), indicando notável ascensão da participação civil nas investigações científicas³⁴.

Te Kulve e Wim (2003) apresentaram um diagrama representativo dos processos pelos quais se dão os atuais desenvolvimentos duais das TMs, citando redes de capacidades duplas, que se distinguem por dois princípios de estratégias de cooperação:

- Desenvolvimento tecnológico conjunto: integração civil-militar com intervenientes civis e militares cooperando num único projeto;
- Desenvolvimento tecnológico simultâneo: integração civil-militar com projetos paralelos, mas distintos, embora conectados através de interações mútuas.

De acordo com Te Kulve e Wim (2003), tal taxonomia identifica a natureza de um projeto aplicado, isto é, que tipo de tecnologia está sendo desenvolvida (a dupla, a civil ou a militar), bem como apresenta duas situações de transferência, aplicações militares para civis e vice-versa, com produtos idênticos, mas com especificações distintas de adequação. A Figura 40 ilustra estratégias de cooperação.

Figura 40 – Estratégia de cooperação - Desenvolvimento e aplicação de tecnologia



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021, baseado e adaptado de Te Kulve e Kim (2003)

34 Como exemplo, Guichard (2004) destaca o papel do Pentágono (Departamento de Defesa dos Estados Unidos) no surgimento da disciplina Biotecnologia. Isso em função do financiamento significativo nas décadas de 1980 e 1990 para as universidades e empresas civis que atuaram em pesquisas relacionadas. Para tais desenvolvimentos, foram selecionadas prioritariamente aquelas universidades que não atuavam em investigações e pesquisas de aplicações militares específicas e diretas.

Essas transferências são chamadas de Giro da Tecnologia, ou ***Spin of Technology***, sendo processos de controle da distribuição e disponibilização do conhecimento classificado. Porém, esses autores definem que em um determinado momento é imprescindível que ocorra a transferência de informações de TM para universidades e/ou indústrias selecionadas (informações entrantes controladas e saída classificada dos resultados). Mas é importante reconhecer que, na realidade, atualmente, mostra-se muito difícil rotular o que é civil e o que é militar na produção dos conhecimentos, muito em função da tendência do setor civil procurar justamente pelos desenvolvimentos essencialmente duais, os quais poderiam, em alguma instância, obter apoio do S&D.

7.4 Os processos de transferência do desenvolvimento da TM: spins, disponibilização e transbordamento dos resultados

Processos de transferência de tecnologias acontecem desde o início da industrialização e dos primeiros acertos acerca das propriedades intelectuais relacionadas. Em tempos atuais, os processos de transferência de tecnologia se tornaram mais eficientes e eficazes em função da digitalização e do compartilhamento dos desenvolvimentos. Obviamente, tais processos não são exclusividade dos desenvolvimentos do setor de S&D, existindo em investigações e disponibilizações de tecnologias de outras origens.

Quadro 19 – Exemplos de tipos de *Spins* de transferência

| Instituições | Descrições | Exemplos |
|---------------|--|--|
| Governo | Desenvolvimentos de bens e serviços resultantes de pesquisas militares ou governamentais, financiamentos por bancos de desenvolvimentos ou contratos diretos | <i>Spin-off</i> Militar |
| Universidades | Desenvolvimento de bens e serviços resultados de pesquisas financiadas ou coordenadas por instituições de apoio universitário etc. | <i>Spin-off</i> de incubadoras |
| | Desenvolvimento de bens e serviços resultados de pesquisas do corpo de pessoal das universidades, como pós-graduação, grupos de pesquisas etc. | <i>Spin-off</i> de pesquisas |
| Corporações | Tipo de ação corporativa que forma uma nova empresa ou entidade para comercialização de tecnologia desenvolvida internamente | <i>Spin-offs</i> de tecnologia, produto e/ou serviço |
| | Extensão de uso de marca, com empresa comercializa um novo produto sob uma marca já conhecida | <i>Spin-off</i> de produto |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Na verdade, trata-se de uma extensa cadeia que associa necessidades específicas de proteção ou cerceamento e estratégias de negócios e mercado.

O Quadro 19 mostra algumas das aplicações distintas para a transferência ou mudanças de estado (marcos de *Spins*) nas P&Ds.

Ao se abordar especificamente as relações entre as pesquisas científicas e o desenvolvimento para a TM, identificam-se fluxos de transferência com características específicas. Acosta et al. (2020) definem mudanças de estado em dois fluxos:

- ***Spin-offs***: processos para a utilização do conhecimento militar para invenções civis, com propriedades classificadas e/ou licenciadas (*Top-Down processing*);
- ***Spin-ins***: processos para a utilização do conhecimento civil em TMs, com propriedades patenteadas, compartilhadas e/ou contratadas (*Bottom Up processing*).

A partir do tipo de interveniente proprietário de um projeto S&D, pode-se identificar o tipo aplicável de desenvolvimento. Também, pode-se definir o tipo de tecnologia que será entregue, os tipos de proteções (propriedades) possíveis e o fluxo de controle adotado. O Quadro 20 apresenta os tipos de *Spins* de transferência das TMs

Quadro 20 – Estruturação em níveis para os tipos de desenvolvimento de TDs para TM

| Tipo | Descrições |
|--------------------------------|--|
| Desenvolvimento Nível 1 | Envolve tecnologias realmente classificadas consideradas estratégicas e desenvolvidas em total segredo. Os desenvolvedores são empresas relacionadas aos militares, as informações são classificadas, as transferências e produções são controlados e as propriedades intelectuais pertencem ao S&D. |
| Desenvolvimento Nível 2 | Envolve as Tecnologias de Uso Dual, com demanda militar, para depois serem direcionadas a usos civis. Os desenvolvedores são empresas relacionadas aos militares e empresas de produção classificadas e contratadas. As informações podem ser classificadas e as transferências, as produções e as propriedades intelectuais compartilhadas. |
| Desenvolvimento Nível 3 | Envolve as Tecnologias de Uso Dual, com demanda civil, mas direcionadas a possíveis aplicações militares. Os desenvolvedores são empresas civis contratadas por militares; informações são de propriedade das empresas civis. Classificações, transferências e produções são contratadas. |
| Desenvolvimento Nível 4 | Envolve as tecnologias de uso cotidiano, com demanda de mercado civil, mas com possíveis aplicações militares, e comercializadas de forma geral. Aqui, as empresas civis controlam o processo, o produtos e os serviços. Após análises, podem ter seus produtos e serviços selecionados, contratados ou simplesmente adquiridos pelo setor de S&D. |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

De acordo com Davies (1994), Liu et al. (2010), Rath et al. (2014) e Barbaroux (2019), a partir dos processos de transferência, também é possível identificar os tipos de

desenvolvimentos. Davies (1994) cita que existe uma diferenciação entre os processos de pesquisa e/ou metodologias adotados que são representados por três domínios apresentados no Quadro 21.

Quadro 21– Tipos de domínios das pesquisas de tecnologia duais para a TM

| Domínios | Descrições |
|---------------------------------|--|
| Investigação Estratégica | Trata-se de investigação destinada a desenvolver novos conceitos e tecnologias, potencialmente relevantes, porém, especificamente para as necessidades de defesa. |
| Investigação Tecnológica | Inclui trabalhos de tecnologias subjacentes de relevância para a defesa, podendo incluir áreas de desenvolvimento civil em curso. |
| Pesquisa Aplicada | Destina-se à formulação de especificações para requisitos operacionais, podendo também incluir programas demonstradores técnicos que produzam protótipos de sistemas antes do desenvolvimento completo como forma de reduzir o risco de desenvolvimento. |

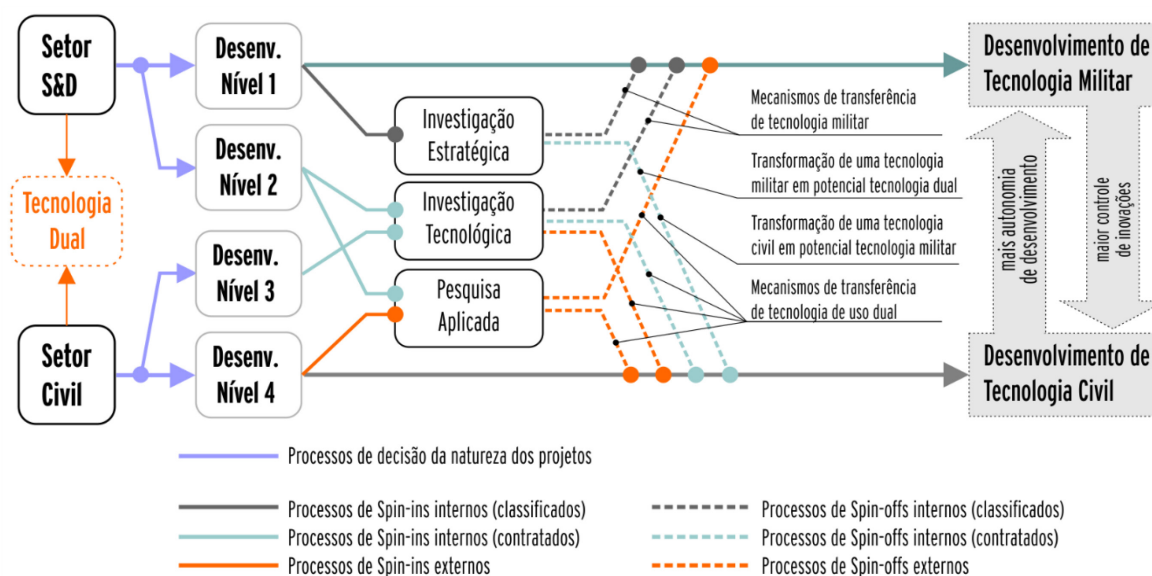
Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Segundo Acosta et al. (2020), empresas de S&D estão realizando uma quantidade significativa de P&D no setor civil. Em 2020, no S&D, cerca de 20% dos pedidos de patente deferidos continham tecnologia civil. Ao se considerar que o setor seja, direta ou indiretamente, o principal impulsionador das pesquisas relacionadas às TDs, torna-se necessário compreender o caminho crítico de disponibilização dos resultados desses desenvolvimentos.

O S&D redefiniu a forma de se propor e desenvolver projetos relacionados à tecnologia, assegurando o controle das inovações. De acordo com Barbaroux (2019), foi a obtenção do controle das partes envolvidas na inovação no domínio da tecnologia que propiciou a aceleração do desenvolvimento de TDs. Em troca, o setor civil vivenciou um aumento de autonomia nas propostas de desenvolvimento e uma garantia de atuação no mercado, com externalização prevalente e cooperação mútua, justificando o aumento anual de investimentos.

A partir dos anos 2000, a maioria dos países com setores de S&D evidentes, reformularam seus sistemas de gestão e financiamento, criando as Agências de Inovação e os Fundos de Desenvolvimento (*DefInvest*). Com isso, os sistemas de Ciência e Tecnologia dos países desenvolvidos alternaram gradualmente para uma economia baseada no conhecimento, com atividades intensivas de conhecimento em processamento de informação (TDs) que foram gradativamente compartilhadas com o resto da economia. A Figura 41 representa o cenário contemporâneo dos desenvolvimentos e as estruturas organizacionais das transferências de tecnologia.

Figura 41 – O cenário contemporâneo de relações dos tipos de projetos de TDs



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Essa nova dinâmica de abertura representa bem a transformação da indústria de defesa no ambiente de inovação, trazendo, como característica, um aumento dos pontos de controle dos processos de transferência e mudança de estado das informações dos projetos duais, caracterizados pelas situações distintas:

Quadro 22 – Disponibilização de tecnologia por spins de transferência e conhecimento.

| Transferência | Descrições |
|--|--|
| Disponibilização controlada de tecnologia | Transferência que segue um caminho normal e controlado de entrega, desde o início do desenvolvimento classificado até a possibilidade de produção e utilização comercial. Baseada em contratos diretos. Representa a atualização para os procedimentos vigentes do setor de S&D desde a segunda metade do Século XX. |
| Transbordamento da tecnologia | Transferência que define um caminho alternativo de entrega ou acesso durante processos de produção e utilização comercial. Representa a atualização dos processos normais de cessão de informação para a produção. Entretanto, também pode acontecer às vezes, até por uma perda de controle do processo na cadeia produtiva ou por ações de universalização de tecnologia como, <i>Software Livre</i> , <i>Código Aberto (Open Source)</i> , <i>Projeto Aberto (Open Project)</i> , <i>Arduino (Open Hardware)</i> etc. É importante observar a quase prevalência da utilização e acesso das tecnologias digitais informacionais, para esse caso de transbordamento. |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

O Quadro 22 apresenta as diferenças entre a disponibilização de tecnologia por spins de transferência e por desdobramento de conhecimento.

Ainda segundo Barbaroux (2019), a fase atual de desenvolvimento é caracterizada por uma “descompartimentação” mais significativa dos assuntos civis e militares que permite ao setor S&D compartilhar suas vantagens históricas com o setor civil;

contudo, sem perder o poder de coordenar os intervenientes e selecionar e financiar tecnologias disruptivas interessantes. Davies (1994) define que a diferença de atuação entre os dois setores se dá em função de que no mercado civil o fornecedor de equipamentos realiza pesquisas de mercado e desenvolve projetos para atender às necessidades percebidas. Já no setor de segurança, o desenvolvimento é baseado em decisões internas, sem explicações ou clareza de intenções.

Para ilustrar todo esse processo, pode-se citar o desenvolvimento dos veículos terrestres autônomos ou UGV - *Unmanned Ground Vehicles*. O projeto foi lançado com o programa DARPA³⁵ *Grand Challenge* em 2004 e visava desenvolver veículos autônomos capazes de percorrer uma trilha *off-road* de 240 quilômetros sem qualquer intervenção humana³⁶.

A participação do setor automotivo (que teoricamente deveria ser o principal interessado) se deu somente através de patrocínio e/ou financiamento de equipes de universidades estadunidenses: a *General Motors* patrocinou a equipe da *Stanford University*, a *Toyota* investiu na equipe da *Carnegie Mellon University* (DARPA, 2024). As pesquisas atuaram de maneiras “descompartimentadas”, ou seja, foram propostas indiretamente pelo setor de S&D, fora do setor automotivo específico, com aplicações complementares obtidas a partir de pesquisa científica de outros sistemas e novos materiais. Porém, também atenderia ao desenvolvimento dos UGVs para os campos de batalha (na verdade, o real objetivo de todo o projeto - intenção do S&D). A dualidade de aplicação das tecnologias obtidas a partir desse cenário de contratação pode ser comprovada, por exemplo, pelo GXV-T, ou *Ground X-Vehicle Technologies*, veículo desenvolvido pela universidade de *Carnegie Mellon University*, no seu departamento *National Robotics Engineering Center*, e por algumas empresas relacionadas ao setor de defesa (também sob encomenda da DARPA), a partir dos resultados de um outro projeto, o RACER³⁷, oriundo dos resultados do projeto original,

35 DARPA - *Defense Advanced Research Projects Agency*, agência autônoma de pesquisa científica, porém ligada ao Departamento de Defesa dos Estados Unidos.

36 O primeiro veículo autônomo a vencer o DARPA *Grand Challenge* foi o STANLEY, carro da equipe do *Stanford Artificial Intelligence Lab*, em 2005. A primeira edição foi realizada em 2004 e contou com a participação de 11 equipes. Nenhum dos veículos conseguiu completar o percurso. A lista dos vencedores do desafio é: 2005: *Stanford Racing Team*; 2007: *Tartan Racing*; 2009: *Carnegie Mellon University*; 2011: *Stanford Racing Team* e em 2013, 2015 e 2017: *Google Team*. (DARPA, 2024 site). Observar a mudança no foco de pesquisa da academia para as *bigtechs*.

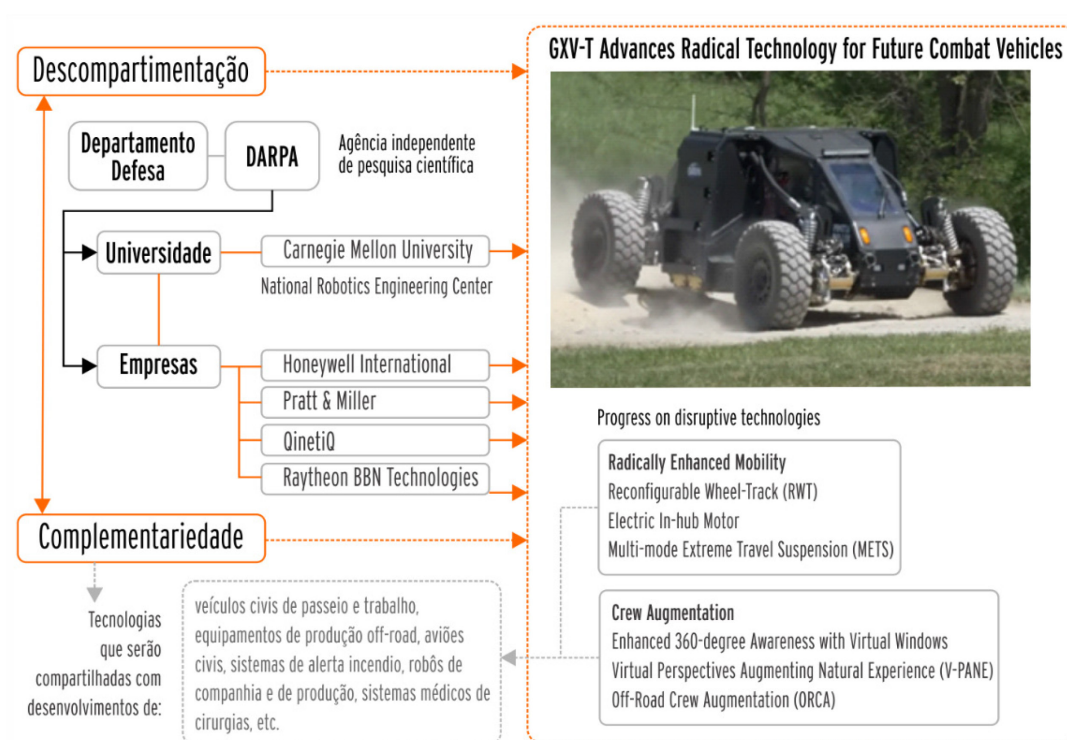
37 O RACER - *Robotic Autonomy in Complex Environments with Resiliency* é o projeto de demonstração de novas tecnologias de algoritmos de autonomia para UGVs. O objetivo não é apenas aprimorar veículos ou sensores, mas criar algoritmos que permitissem que esses veículos manobrassem em terrenos não estruturados e *off-roads* a velocidades comparáveis às de um motorista humano (DARPA, 2024 site).

o *Grand Challenge*. Importante observar que a forma de contratação corresponde a uma junção dos três domínios conceituais anteriormente citados:

- a) investigações estratégicas;
- b) investigações tecnológicas;
- c) das pesquisas aplicadas.

Todas as ações associadas aos desenvolvimentos de tecnologias digitais duas contemporâneas utilizam os conceitos de interdependência cumulativa, de descompartmentação e de complementaridade, o que define o modelo atual de desenvolvimento das tecnologias digitais.

Figura 42 – Estrutura de desenvolvimento dual do veículo de tecnologia GXV-T



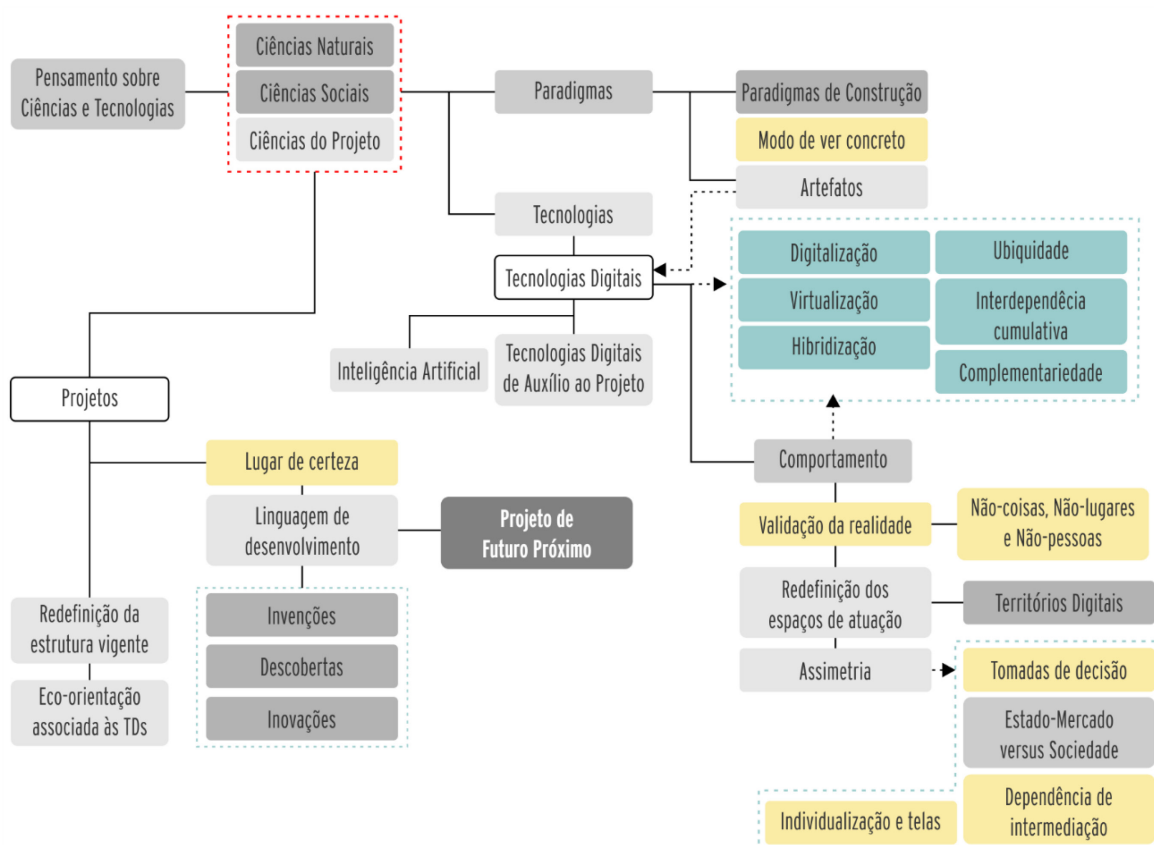
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023, adaptado de DARPA - *Radical Technology for Future Combat Vehicles*

A Figura 42 apresenta os processos de definição e contratação para desenvolvimento de TM dual.

8 A complexidade sistêmica inerente ao uso das Tecnologias Digitais

A partir de uma análise intermediária, considerando a compreensão dos relacionamentos e a identificação das estruturas dos tópicos pesquisados, identifica-se basicamente alto grau de complexidade sistêmica envolvida. Contudo, nenhuma das abordagens e resultados intermediários poderiam ficar de fora da construção de uma representação para os limites de todos os sistemas analisados. A Figura 43 apresenta um resumo desses sistemas abordados até então pela pesquisa.

Figura 43 – Temas abordados do Tópico 3 ao Tópico 7



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

O processo de desenvolvimento desta pesquisa pode ser relacionado a um movimento cíclico de integração, identificação e distinção dos relacionamentos existentes entre os sistemas apresentados, sendo prática que se alinha conceitualmente às definições feitas por Jean-Louis Le Moigne e Edgar Morin: a) para se compreender a complexidade é necessário juntar e distinguir, e b) somente pela observação de todo o sistema em ação é que o comportamento global se manifesta, podendo ser modelado.

Porém, é necessário que toda a complexidade sistêmica possa ser modelada e ter toda sua estrutura representada. Para tal, este Tópico apresenta métodos e ferramentas que são utilizadas para esse tipo de modelagem, representação e visualização. Importante citar que todas possuem estreito relacionamento com os processos de desenvolvimento das TDs. Essa estratégia tem por objetivo uma aproximação entre as formas de se pensar e de se desenvolver as TDs, alinhando-as às propostas de reconceituação para as formas de se pensar e desenvolver os projetos de futuro próximo.

8.1 A modelagem conceitual e a orientação a objetos

A modelagem conceitual é usada como representação de alto nível para o mundo real sob o ponto de vista do modelador (observador). Ela é pertinente a esta pesquisa em função da geração de modelos de comportamentos dos objetos em relação às características observadas no ambiente, seja de um sistema de informação ou de um projeto formal. Cougo (1997) define que um modelo conceitual é aquele no qual os objetos, suas características e relacionamentos têm a representação fiel ao ambiente observado, independentemente de limitações quaisquer impostas por tecnologias, técnicas de implementação ou dispositivos físicos. Um objeto é reconhecido no mundo por suas características, funções e forma de se relacionar com atores ou com outros objetos. Melo (2004) afirma que quando se observa objetos em um ambiente, está-se na verdade classificando-os por seus atributos. Uma classe é um modelo que estrutura e organiza os objetos por seus atributos ou pelos comportamentos de um conjunto deles, podendo ser entendida como um molde para criar objetos abstratos individuais.

Conforme citado, o processo de desenvolvimento desta pesquisa pode, de forma geral, ser relacionado à integração, identificação e distinção dos relacionamentos existentes entre a prática projetual contemporânea e as TDs disponíveis. Mas o ponto de partida se deu pela compreensão da necessidade fundamental de não se assumir reduções ou cortes na abordagem dos objetos, sistemas, entornos, autores e seus relacionamentos. Basicamente, trata-se de um processo de abstração do sistêmico complexo abrangente até a definição das bordas de atuação dos sistemas de projetos auxiliados por TDs.

Le Moigne (1995), Morin e Le Moigne (2000) e Morin (2011) chamam a atenção para os processos de **juntar** e **distinguir** necessários para a compreensão da complexidade, integrando diferentes perspectivas e, ao mesmo tempo, reconhecendo particularidades, o que reflete uma abordagem epistemológica para lidar com sistemas complexos:

- Juntar (Integrar): ao se abordar a complexidade, é essencial considerar as interações entre diferentes partes do sistema e integrar várias perspectivas, disciplinas, abordagens e conhecimentos de diferentes áreas. A abordagem integrativa propicia perceber a soma das partes, reconhecendo as conexões e sinergias;
- Distinguir (Diferenciar): a complexidade também exige o reconhecimento das diferenças e particularidades dentro do sistema, o que significa identificar elementos distintos, padrões emergentes, relações causais e características específicas;
- A Compreensão Holística: a complexidade não pode ser reduzida a uma única abordagem ou método, devendo-se adotar uma visão holística, considerando tanto os aspectos integrativos quanto os diferenciadores.

Le Moigne (1995) e Morin (2011) também consideram que abordar a complexidade de forma parcelada, disjuntiva, mecanista ou reducionista quebra o complexo do mundo em fragmentos disjuntos, fraciona os problemas, separa aquilo que está unido, e “unidimensionaliza” o multidimensional. Para os autores, só se pode definir a complexidade como a propriedade de uma representação elaborada por uma ação cognitiva, onde esta é o produto do exercício cognitivo (produzir o inteligível). Ou seja, o produto é dependente de um produtor. Em função disso, modelos conceituais e suas representações imediatas (mapas, diagramas ou *frameworks*) foram desenvolvidos para se criar instâncias e discretizações³⁸ para os resultados das análises.

38 Quando relacionadas à modelagem conceitual e sistemas de informação: a) Instâncias: referem-se a uma ocorrência específica de um objeto ou classe. Por exemplo, numa classe chamada "Carro", cada carro específico que se cria é uma "instância da classe Carro". Cada instância tem suas próprias propriedades e métodos, podendo ser diferentes das outras instâncias da mesma classe; b) Discretização: é uma técnica que transforma dados e variáveis contínuos em valores ou categorias discretas, isto é, menores. Tal modificação de granularidade de variável ou categoria é útil em muitos campos, incluindo o aprendizado de máquina e a teoria dos Grafos.

8.2 Computerization, Computation e Computational Thinking

A tendência de um funcionamento mais dinâmico, como fluxo, propiciado pelas TDs, representa também um fator de mudança na forma contemporânea de abordar os processos de projeto nos quais os especialistas, atuando em conjunto e em fluxo, têm a seu favor as performances otimizadas e integradas dos sistemas. Mesmo se considerando um deslocamento maior da autonomia dos sistemas no poder de decisão de projeto (automações, automatizações e IAs), as principais áreas de atuação dos projetos demandam uma participação mais efetiva dos atores (mesmo que seja em processos de aprendizado de máquina ou escrita de *prompter*³⁹). Essa atuação quase simbiótica entre os especialistas e os sistemas especializados pode ser representada por duas formas distintas de interação quando relacionadas às TDs no processo de projeto: a computerization e a computation, isto é, a informatização e a computação.

O Dicionário Oxford (2024) define *computerization* como o processo de se começar a usar o computador para fazer algo anteriormente realizado por pessoas ou por máquinas de forma analógica. Já o termo *computation*, refere-se ao ato ou processo de alcançar uma resposta usando uma máquina, nesse caso as máquinas digitais.

No tocante aos projetos (dos relacionados a objetos até os de escala urbana), essa distinção prevê um alinhamento ao caráter de uso/utilização que remete mais aos processos e fluxos da projeção do que a um equipamento (ou produção) propriamente dito. Para Terdizis (2006), a computação se relaciona mais à exploração de processos indeterminados ou ainda mal definidos, de caráter exploratório, visando emular ou ampliar o intelecto humano. Isso se alinha aos processos da fase de conceituação. Entretanto, é preciso considerar que são muito próximas as relações entre essas duas formas de interação que definem a diferença entre “um fazer informatizado” e “um fazer computacional”. Quando pensada como um fluxo de desenvolvimento, a informatização do processo de design tem impulsionado a ampliação do conhecimento sobre o processo computacional, da mesma maneira que o processo de computação empreende avanços na informatização dos processos de

39 Um *prompter* é, em termos simples, a instrução que você dá a uma inteligência artificial para que execute uma tarefa específica. É a pergunta, o comando ou a solicitação que você digita em uma interface de IA para obter uma resposta ou um resultado.

projeto (como a descrição e a evidência cíclica de um processo de interdependência-cumulativa).

Nos processos dos projetos auxiliados, as duas interações atuam conjuntamente e representam ferramentas essenciais para aprimorar a prática projetual digital e virtual em AED. Ao compreender as distinções entre essas duas formas de atuação, os profissionais da área podem aproveitar ao máximo o potencial das TDs.

É importante destacar a notória definição de dois estados distintos de atuação: a *Computation* se enquadra naturalmente nos processos de Conceito de Projeto, enquanto a *Computerization* se enquadra naturalmente nos processos de Desenvolvimento de Projeto.

O Quadro 23 apresenta as distinções fundamentais entre as formas de atuação:

Quadro 23 – Tipos de atuação das tecnologias digitais.

| Tipo de Interação | Ação imediata | Descrição |
|--|-------------------------------|--|
| <i>Computerization</i> Informatização | Produção, fazer informatizado | Processo relacionado ao esquema, à estrutura, à visualização e aos processos produtivos |
| | | lida com a parte funcional do mundo real |
| | | lida com automação de processos e tarefas |
| <i>Computation</i> Computação | Conceito, fazer computacional | Processo relacionado ao diagrama, à linguagem, à representação e aos processos conceituais |
| | | lida com a parte abstrata do mundo real |
| | | lida com modelagens conceituais e codificações |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Para desenvolver as formas de aplicação prática para a proposta PpFP, esta pesquisa aborda a habilidade essencial que garante a integração produtiva no uso das TDs nos projetos: o Computational Thinking. O Pensamento Computacional (CP), **inspirado nos princípios da computação**, representa a forma de pensar a tecnologia de maneira a transcender o mero conceito de tecnologia, enquanto abrange um conjunto de **habilidades cognitivas** que permite atuar nas soluções dos problemas de forma eficiente e sistemática. Ou seja, o pensamento computacional emerge como habilidade essencial para soluções de problemas na era digital, capacitando indivíduos para solucionar problemas de forma eficiente, tal qual um computador. Um exemplo desse procedimento está na adoção de processos de reconhecimento de padrões, um dos pilares do pensamento computacional.

Denning e Tedre (2019) definem que o objetivo básico do pensamento computacional diz respeito a saber se orientar através da prática de princípios, que incluem, mas não estão limitados a:

- Interpretar problema ou ideia de tal forma que um computador possa ajudá-lo;
- Criar visualizações para pensar em ideias (não apenas como saída final);
- Simular coisas que são difíceis (ou quase impossíveis) de se fazer realizando experimentos do mundo real.

O pensamento computacional pode ser utilizado para resolver “algoritmamente” problemas complexos, o que o predispõe a um interessante alinhamento com o as concepções da modelagem conceitual. Entretanto, é relevante destacar que o pensamento computacional não representa um conjunto de conceitos para programação, sendo habilitado para lidar com trabalho computacional, o qual relaciona o tipo de tarefa e a possibilidade de sua automatização, a partir de uma:

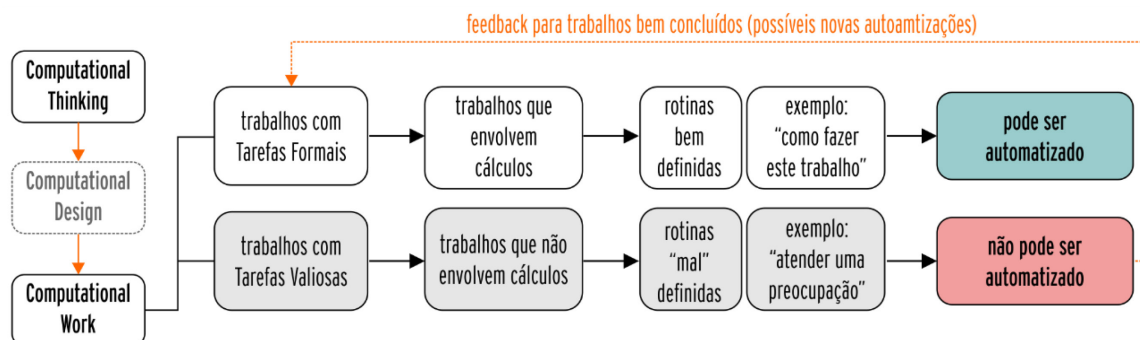
- Tarefa Formal – cuja solução possui rotinas bem definidas, podendo ser automatizada (naturalmente, ela envolve cálculos e pode ser programada);
- Tarefa Valiosa – cuja solução não possui rotinas bem definidas, não podendo, portanto, ser automatizada (naturalmente, ela não envolve cálculos imediatos, mas exige modelagens conceituais, processos de classificação e codificação).

Denning e Tedre (2019) e Maeda (2019) definem que o trabalho computacional se encarrega essencialmente da tentativa de transformar tarefas valiosas em tarefas formais. Assim, passa a atuar na solução de trabalhos que não podem ser imediatamente automatizados, isto é, aqueles que não possuem rotinas bem definidas no início do seu desenvolvimento. A partir da abstração de que os processos de automatização representam o domínio sobre um problema, todo o resultado obtido em eventos de projetos anteriores, como a validação de processos de decisão, a estruturação e a definição do fluxo de produção, poderá ser somado à base de conhecimento de projetos. Dessa maneira, pode-se transformar, por herança, esses resultados em futuros padrões de automatização (mais um alinhamento com o conceito de interdependência-cumulativa).

Quando se pensa em projetos, os problemas também podem ser abstraídos como uma solução ainda não automatizada, ou seja, ainda sem um controle efetivo de fluxo e de processo.

A não-automatização é a responsável por abrir campos de pesquisas científicas para a solução de problemas de projeto. A Figura 44 apresenta a classificação focada na automatização das tarefas:

Figura 44 – As Tarefas Computacionais e suas classificações pelo pensamento computacional



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

As novas soluções, quando alcançadas e validadas, passarão a fazer parte da base de conhecimento de projeto. Por isso, são chamadas de “Tarefas Valiosas”. Pode-se perceber o alinhamento imediato das Tarefas Valiosas com a investigação científica, com a pesquisa de desenvolvimento de tecnologias, bem como com as relações com a inovação. A identificação de uma Tarefa Valiosa como parte de um desenvolvimento também propicia a identificação de quais são as disciplinas envolvidas no processo, auxiliando na definição do grau de complexidade envolvida na busca pela solução. Mas o mais importante sobre todos esses processos e atributos é compreender que uma Tarefa Valiosa desloca toda a ação de solução para o tempo inicial de um projeto e obriga a atuação dos atores em uma fase anterior à definição do escopo.

8.3 Uma abordagem sobre Frameworks

O princípio de desenvolvimento de sistemas de informação é baseado em modelagem conceitual. Esses modelos de pensamentos relacionados à inteligibilidade da complexidade sistêmica representam ferramentas imprescindíveis para qualquer desenvolvimento que envolva a manipulação e criação da informação. Um framework é a ferramenta perfeita para a representação desses desenvolvimentos. Utilizar framework na representação de uma metodologia de projeto proporciona uma aproximação com os procedimentos do pensamento computacional.

O alinhamento do conceito de *framework* utilizado por esta pesquisa é representado pelas definições de Andert (1994), Gamma et al. (1995), Johnson (1997), Melo (2004), Gonzalez et al. (2006) e Voehl et al (2019).

Quadro 24 – Definições de *framework*

| Framework | |
|-------------------|--|
| Ferramenta | Ferramenta de estrutura conceitual ou tecnológica de instruções, bibliotecas e padrões para desenvolvimento e implementação de sistemas de software. Oferece base sobre a qual desenvolvedores podem construir aplicativos com consistência, com reutilização de código e em conformidade com melhores práticas. |
| Estrutura | Representam estruturas de Programação Orientada a Objetos como solução para famílias de problemas, podendo ser organizadas por Classes, utilizando interfaces para a decomposição de problemas, a construção de aplicações e a definição de especificações. |
| Domínio | Auxiliam na incorporação e preservação do domínio do conhecimento. Representa estrutura projetada para personalizar e evoluir o conhecimento do domínio. Propicia a inteligibilidade da complexidade envolvida na solução de problemas, com uso de dados e informações que podem ser convertidos em conhecimento. |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

O Quadro 23 apresenta definições de frameworks oriundas de conceitos filosóficos.

De acordo com Spence (2014) e Kalbach (2017), a representação de um sistema é uma descrição abstrata ou modelo que captura as características essenciais do sistema, seu comportamento e sua estrutura de funcionamento. O *framework* se relaciona com a linguagem, com os processos conceituais e com os códigos, lidando com a parte abstrata do mundo real. A representação possui interessante alinhamento conceitual com os processos de *computation*. Para esses autores, a visualização de um sistema é uma representação gráfica que torna as informações e os dados do sistema mais fáceis de entender e interpretar. Ela fornece uma visão geral do sistema, permitindo que os usuários identifiquem padrões, tendências e relacionamentos. A visualização é importante atividade para a formação de modelos mentais⁴⁰.

Sendo assim, a representação é uma descrição abstrata de um sistema, enquanto a visualização é o que possibilita sua representação gráfica, tornando as informações e

40 Spence (2014) argumenta que um modelo mental é uma representação interna de parte da realidade externa. Normalmente, não se forma um modelo único sobre alguns dados, mas uma coleção (*collage*) de submodelos associados entre si provisoriamente, de forma confiável ou não. Os dados relacionados podem variar com o tempo, melhorando a coleção à medida que acumula novos insights, ou podem ser descartados, à medida que se conclui que algum conteúdo não é mais relevante. O aprimoramento de um modelo mental resultará de uma visão geral e de informações detalhadas alinhadas a uma visão geral qualitativa que pode estar lado a lado com detalhes quantitativos.

componentes do sistema mais acessíveis. Ambas são essenciais para a compreensão de sistemas complexos.

Mas é importante citar que a definição de *framework* que será desenvolvida se distingue do conceito de *framework* como estrutura sistêmica defendida por Karl Popper na publicação “*The Myth of the Framework: in defence of science and rationality*”, na qual Popper (1994) introduz o conceito do “mito do *framework*” (mito da estrutura) como uma crença equivocada de que investigadores científicos não podem sair rapidamente do conjunto de conceitos e princípios dentro dos quais estão trabalhando para compará-los com outros *frameworks* concorrentes. Em outras palavras, sugere que os cientistas estão presos a determinado paradigma, sendo difícil mudarem radicalmente sua abordagem. Os argumentos de Popper que se alinham a esta pesquisa foram detalhados no Tópico 4 – “Paradigmas, descobertas e invenções: a evolução das tecnologias” (mudanças científicas por meio de revoluções científicas).

A proposição de uso de um *framework* para a representação conceitual das análises desta pesquisa não atua em função das anomalias que possam existir no corpo da Ciência Normal vigente. Isto é, a construção do *framework* proposto por esta pesquisa não atua como questionamento da estabilidade do Paradigma Científico vigente.

9 Os Projetos, seus processos e práticas no cenário contemporâneo

Bonsiepe (1997) define que projeto é uma atividade fundamental, com ramificações capilares em todas as atividades humanas e, por isso, nenhuma profissão pode pretender o monopólio do projeto. Segundo Romero e Andery (2016) o desenvolvimento de projetos e o seu gerenciamento são a aplicação de conhecimentos, habilidades e técnicas a fim de atender os objetivos de se criar um produto, serviços ou resultado único. Essas definições de projeto se alinham aos principais programas de gestão de projetos, que são amplamente utilizadas pelo mundo. Desde meados do Séc. XX, tais programas disponibilizam métodos e ferramentas, bem como certificações, de comprovada eficiência em processos de estruturação, planejamento e gestão. Contudo, abordam processos prioritariamente relacionados à: a) interpretação, b) exequibilidade, c) funcionalidade e d) desempenho dos projetos.

Para essa pesquisa interessa que uma nova abordagem sobre projetos cuide da integração dos processos relacionados à: 1) conceituação e 2) explicabilidade dos projetos. Para tal, é importante citar que os processos de digitalização e virtualização ampliaram de forma definitiva o alcance dessa afirmação. Em tempos atuais o conceito de projeto transcende a mera ideia de planejamento e execução ao se tornar um processo dinâmico e colaborativo, permeado por TDs e pela busca constante de soluções para os desafios complexos da sociedade.

9.1 Como os projetos são vistos hoje

Analisar e trabalhar conceitualmente os projetos não se trata de tarefa simples. Apesar da confirmada existência histórica, da aplicação de processos sequenciados com o objetivo de solucionar problemas, a maior parte das referências científicas disponíveis sobre o assunto possui uma estrita relação com os processos de gestão de projetos. Normalmente, e prioritariamente, esses processos (e práticas) são associados a instituições de normatização e/ou organizações de certificações. Como exemplo, pode-se citar a IPMA - *International Project Management Associate* ou o PMI - *Project Management Institute*, consideradas as organizações de gerenciamento de projeto mais importantes do mundo, que, no entanto, oferecem certificações distintas, além de não possuírem equivalência entre si, atuando de forma independente.

A afirmação se mostra ainda mais complexa quando se observa que organizações mundiais relacionadas às definições normativas de orientação ao desenvolvimento e à produção, como a ISO - *International Organization for Standardization*⁴¹ e a ANSI - *American National Standards Institute*⁴², reconhecem a importância das instituições citadas acima. Como exemplo dessas relações, pode-se citar que o conteúdo conceitual da certificação PMI (representado pelo *handbook* PMI-PMBOK⁴³) foi utilizado pela ISO na definição das normas que abordam a gestão dos projetos (Série ISO 21500⁴⁴).

Entretanto, também é importante e relevante citar que são essas normas, certificações e metodologias que garantem aos projetos lidarem com um lugar de certeza no mundo, no qual se pode garantir o caráter de comprovação da realidade para as soluções de projeto.

Romero e Andery (2016) resumem bem a associação projeto/gestão de projeto ao definirem que ela representa a aplicação de conhecimento a fim de atender a um objetivo pré-definido, desde que gerenciado de acordo com as seguintes restrições: realizar o escopo no menor prazo; dentro do menor custo; otimizando o uso dos recursos; dentro da qualidade combinada; correndo menos riscos; respeitando o meio ambiente e satisfazendo as partes interessadas no sucesso do projeto.

A partir da visão da IPMA, Hermanrij (2016) e Dittmann et al. (2021) definem que o projeto deve ser visto como um esforço único, interdisciplinar e organizado para alcançar resultados de trabalho fixos, dentro de uma estrutura de requisitos e condições de limite predefinidos.

Pelas definições do PMI a partir de 2021, Marion e Richardson (2022) definem que um projeto é um empreendimento temporário realizado para criar um produto, um

41 A ISO - *International Organization for Standardization* ou Organização Internacional de Normalização é uma organização independente, não governamental e de desenvolvimento de normas internacionais, composta por representantes das organizações nacionais de normalização dos países membros. A ISO é uma organização voluntária cujos membros são autoridades reconhecidas em normas, cada um representando um país, que se reúnem anualmente em Assembleia Geral para discutir os objetivos estratégicos. Possui um conselho com uma composição rotativa de 20 órgãos membros que fornece orientação e governança, possuindo mais de 250 comitês técnicos, que desenvolvem as normas mundialmente respeitadas. (ISO, 2024, site oficial e Zandhuis e Stellingwerf, 2013)

42 O *American National Standards Institute* (ANSI) é uma organização privada sem fins lucrativos que administra e coordena os padrões voluntários e o sistema de avaliação de conformidade dos Estados Unidos. A ANSI é líder nos EUA na promoção desse potencial e suas normas e regulamentos técnicos impactam até 93% do desenvolvimento global (ANSI, 2024, site oficial).

43 O PMBOK ou *The Standard for Project Management* é o livro de gerenciamento de projetos que serve como base para o vasto corpo de conhecimento na área de gestão e gerenciamento de projetos (PMI, 2024, site).

44 As Normas ISO 21500 contêm orientações sobre gerenciamento de projeto e representa um padrão internacional destinado a fornecer orientação genérica, explicar princípios fundamentais e que constitui uma boa prática na gestão de projetos. Foram desenvolvidas em conjunto com o *American National Standards Institute* (ANSI), utilizando referências PMI - PMBok® - 4th Edition (ISO, 2024, site oficial).

serviço ou um resultado exclusivo. Com início e fim definidos, ele deve ser único em seus objetivos e requisitos, entregando um resultado específico. Pode ser executado em ambiente dinâmico e incerto e ser gerenciado por meio de processos. Em relação ao projeto, a abordagem PMI destaca sua natureza temporária, exclusiva e orientada a resultados. Reconhece também as incertezas e as mudanças inerentes ao ambiente de projeto, além de enfatizar a importância dos processos para gerenciar projetos com sucesso. Pela visão de PRINCE2⁴⁵, Catling (2021), Hinde (2021) e Design Council (2024)⁴⁶, um projeto é construído a partir a) de algo a ser entregue, que leva de uma situação atual para uma situação futura, b) de uma justificativa para o que se deseja mudar no estado atual, c) de um conjunto de etapas para a transição das situações, d) de definições que garantam um estado inicial e final reconhecíveis, e) de um conjunto de critérios ou metas para marcar a conclusão, e f) uma forma de medir o progresso e um método de reconhecer a conclusão do projeto. Porém, não basta definir um projeto, pois também é preciso propor e acompanhar as Mudanças de Estado (ME) das coisas do mundo real, dentro do projeto, caracterizando e respeitando cada mudança como um evento.

Quadro 25 – Conceitos-base de suporte ao projeto

| Conceito chave | Definição | Tipos |
|------------------------------|--|---|
| Requisitos de Projeto | São as necessidades que o projeto deve satisfazer para ser considerado bem-sucedido | Funcionais: descrevem as funções que o sistema deve realizar. Não funcionais: relacionam-se às características de qualidade do sistema, como desempenho, segurança, usabilidade etc. |
| Parâmetros de Projeto | Experimentação, observação e análise de dados. | Técnicos: relacionados às características técnicas do projeto, como tecnologia utilizada, plataforma etc. Gerenciais: relacionados à gestão do projeto, como prazo, orçamento, recursos etc. |
| Atributos de Projeto | São as variáveis do projeto. Podem ser controladas ou medidas e servem de indicadores de desempenho e monitoramento. | |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

45 PRINCE2, ou *PRojects IN Controlled Enviroments* (Projetos em ambientes controlados), é uma metodologia voltada para o gerenciamento de projetos desenvolvido para o Governo do Reino Unido, mas utilizados em inúmeros países, sendo metodologia robusta e abrangente para gerenciar projetos de diversos tipos e tamanhos, porém apresentando resultados melhores na gestão de grandes projetos (Catling, 2021).

46 O Design Council (2023) é uma instituição do Reino Unido sem fins lucrativos, cuja missão é procurar e desenvolver a excelência do design, sendo um dos principais protagonistas do conceito de design inclusivo. Sua metodologia, *Double Diamond* - DD, é uma das mais utilizadas por designers e empresas de Design pelo Mundo. Em 2021, uma atualização da metodologia DD, chamada *Beyond Net Zero*, trouxe a preocupação com a melhoria das abordagens sociais e com o meio ambiente.

Os conceitos-base são apresentados no Quadro 24. Outros tópicos relevantes de abordagem são: a) Requisitos, b) Atributos e c) Parâmetros de projeto, que correspondem ao tripé de conceitos-chaves que garantem uma base sólida para a compreensão dos eventos de mudanças de estados dos projetos.

O Quadro 25 apresenta sucintas descrições dos tópicos, de acordo com Hermanrij (2016), Dittmann et al. (2021), PMI (2021), Catling (2021), Hinde (2021), Marion e Richardson (2022) e Design Council (2024).

Os requisitos de projetos são mais bem descritos no Quadro 26.

Quadro 26 – Descrições dos principais requisitos dos projetos

| Requisitos | Descrições |
|----------------------|---|
| Singularidade | Projetos são iniciativas pontuais |
| Riscos | Como o conhecimento existente é apenas uma ajuda parcial, os riscos aumentam e o gerenciamento de riscos é obrigatório. |
| Complexidade | Os projetos representam sistemas de tarefas holísticas. São caracterizados por uma série de objetivos, fatores de influência e interdependências |
| Temporalidade | Os projetos são temporários, com datas de início e término definidas, exigindo disposições organizacionais e de pessoal de controle diferentes das que atuam na linha das tarefas |
| Organização | O trabalho é desenvolvido por equipes: os projetos exigem equipes interdisciplinares e interdepartamentais |
| Recursos | Os projetos têm recursos limitados, como equipe, orçamento e assim por diante |
| Objetivos | Os projetos devem ter clareza e objetivos diferenciados. Os requisitos são descritos quanto aos resultados esperados e sua qualidade, custo e prazos. |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

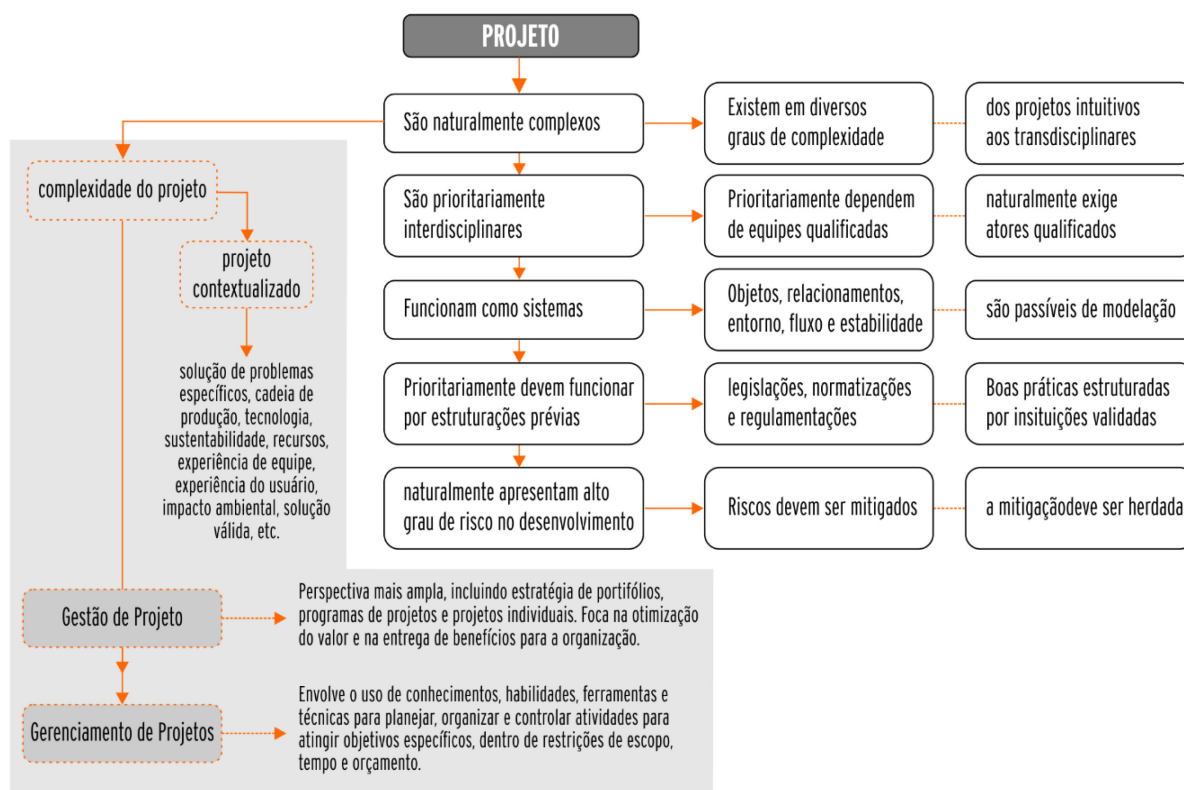
Pode-se assumir que a totalidade das metodologias que abordam os projetos partem do princípio da estruturação por “partes menores controláveis” ou subprojetos.

A fragmentação sequenciada de um projeto propõe uma distribuição mais controlada de pacotes de tarefas distribuídas ao longo do tempo hábil definido para se desenvolver um projeto. Funciona como uma estruturação de “projetos menores” com entregas e avaliações intermediárias, que ainda oferece a vantagem de um aumento na resolução de controle dos projetos.

A estruturação em fases é um aspecto fundamental do gerenciamento de projetos, pois fornece uma abordagem sistemática e organizada para executar e concluir projetos com sucesso. Nesse sentido, estruturar e planejar fases controláveis são entendidas como regras básicas da prática.

Cada fase é organizada a partir do controle dos fluxos de informação, de matéria e de energia, que são premissas universalmente aceitas, sendo encontradas na ampla literatura disponível sobre projetos e gestão de projetos.

Figura 45 – Estrutura das características dos projetos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

A Figura 45 apresenta um diagrama dos relacionamentos das principais características que definem os projetos (e/ou as práticas projetuais) contemporâneas:

9.2 O alinhamento dos processos do pensamento computacional e as metodologias de gestão de projetos

Nessa etapa da pesquisa, procura-se por alinhamentos a partir dos objetivos de projeto (de acordo com a prática pautada pelas metodologias atuais) e por processos fundamentais do pensamento computacional.

Foram consideradas as Normas ISO 21500, o *handbook* PMBoK 2021, a Norma PRINCE2 e a metodologia *Double Diamond – Beyond Net Zero*. Com exceção da metodologia *Double Diamond + Beyond Net Zero*, todas as outras atuam a partir do escopo do projeto. Ou seja, atuam quando toda a parte conceitual da abordagem do problema foi concluída. Pontos comuns de atuação foram abstraídos a partir dos

processos fundamentais de projeto, que são referências válidas para o alinhamento proposto. O Quadro 27 apresenta esses pontos (ou fases):

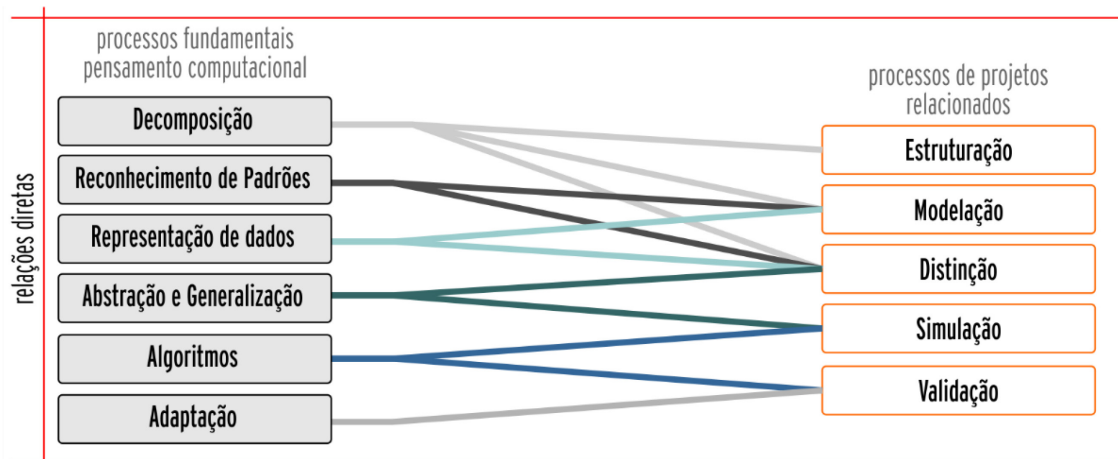
Quadro 27 – Generalização dos processos de objetivos de projetos nas metodologias disponíveis .

| Processos Fundamentais | Descrição |
|------------------------|---|
| Estruturação | Envolve definição do escopo do projeto, principais stakeholders, objetivos e criação do plano de projeto. Para a ISO21500 é etapa de definir objetivos. No Double Diamond é a etapa "Descoberta" e no PMBOK e PRINCE2, etapa de "Iniciação de Projeto". |
| Modelação | Envolve a criação de modelo detalhado de projeto, incluindo definição de tarefas, atribuição de recursos e de cronograma. Na ISO21500 e no PMBOK é fase de "Planejamento", no PRINCE2, etapa de "Controle de Estágio" e no Double Diamond, a etapa corresponde à fase de "Definição". |
| Distinção | Envolve a identificação e análise das diferenças entre o plano e a execução real. Na ISO21500 e no PMBOK é etapa de "Monitoramento e Controle". No PRINCE2 é etapa de "Gerenciamento de Entrega de Estágio" e no Double Diamond, corresponde à fase de "Desenvolvimento" |
| Simulação | Envolve modelos para prever o desempenho do projeto. Na ISO21500 e PMBOK é etapa de "Monitoramento e Controle" e no PRINCE2, a etapa de "Controle de Estágio". |
| Validação | Envolve verificar se o projeto atendeu aos seus objetivos e entregou o valor esperado. Na ISO21500 e na Double Diamond representa a etapa de "Entrega", no PMBOK é a etapa de "Encerramento", no PRINCE2 é a etapa de "Encerramento de um Projeto". |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

O passo seguinte buscou identificar as relações diretas existentes entre esses processos fundamentais de projeto e os processos fundamentais de pensamento computacional. A Figura 46 apresenta o resultado:

Figura 46 – As Tarefas Computacionais e suas classificações a partir do pensamento computacional.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

A identificação das relações diretas tem como objetivo permitir a abstração sobre quais as tecnologias e ferramentas poderiam atuar na intermediação dos dois processos. Isso também permite a identificação dos pontos de contatos para a prática

projetal vigente, atuando sob a transversalidade contemporânea otimizada pelas TDs.

Menges e Ahlquist (2009) e Menges (2011) definem que existe uma abordagem e linha de pesquisa que cuida dessa aproximação denominada Projeto Computacional, ou *Computational Design*. Esta representa a associação perfeita do conjunto de habilidades computacionais com o modelo de habilidades inerentes às especializações e expertises dos projetistas de informatização. Segundo Denning (2017), substituir a palavra “pensar” por “projeto” resolve muitas das dificuldades de incorporação do conceito de pensamento computacional em outras áreas de conhecimento e disciplinas.

Maturana e Varela (1998) e Maturana (2001) afirmam que todo o passado histórico está contido na estrutura presente, servindo de referências e criando, junto com a linguagem, as bases com as quais se produz um mundo e a versão de como viver nele. Ao se observar e interagir com o comportamento das estruturas, cria-se o entendimento de que, a cada novo conhecimento adquirido, faz-se surgir um novo mundo, constituindo com isso o instrumento cognitivo. Para essa pesquisa, o projeto aparece como um dos possíveis instrumentos cognitivos cuja linguagem serve de tradução para os processos de desenvolvimento que os acompanham, quais sejam, as soluções de problemas e crises, a prática da tradição da Ciência, os programas de pesquisas, as descobertas e as revoluções científicas.

Uma premissa proposta é que as pesquisas científicas também se relacionam e são desenvolvidas por práticas projetuais, ou seja, os projetos se associam a toda a evolução e/ou revoluções da Ciência, juntamente com toda tecnologia relacionada.

Vasconcellos (apud Monod, 2018) afirma que as sociedades modernas são construídas sob forte influência da Ciência em virtude de seus prodigiosos poderes de realização, que desempenham o principal papel na validação do conhecimento e da cultura, explicando todos os fenômenos e os traduzindo tecnologicamente sob a forma de artefatos.

É relevante **compreender como os projetos se inserem no ciclo de validação da realidade**, principalmente em função de que os projetos, como são conhecidos, necessariamente devem atuar em um “**lugar de certeza**”, com soluções reais, herdadas, propostas, testadas e validadas.

PROPOSTA DA TESE

10 Análise para uma nova representação do cenário de atuação das Tecnologias Digitais

Após extensa análise de contexto em função da intenção de se abordar sistemicamente o cenário de atuação dos projetos contemporâneos e das TDs para viabilizar proposições que atuem na definição de uma nova forma de prática projetual, mostra-se relevante identificar sob qual paradigma a Ciência e o desenvolvimento da tecnologia atuam. Isto é, identificar o paradigma vigente. Isso também permitiria identificar a Ciência Normal atuante. Mas antes, é preciso reconhecer o cenário atual.

10.1 Uma análise formal do Paradigma Científico Contemporâneo

A ciência contemporânea, em sua essência, transcende os limites das disciplinas tradicionais, promovendo uma interação cada vez mais profunda entre diferentes áreas do conhecimento. A partir disso, o cenário científico atual é marcado por uma transformação paradigmática, sendo caracterizado por uma convergência de diversas disciplinas, o que gera a coexistência e interação de vários paradigmas, que pode ser confundido com uma sucessão paradigmática. A ciência está em um momento de grande transformação, com novas descobertas e tecnologias que abrem caminhos para novos modelos de pensamento e compreensão do mundo.

O principal fator de mudança é representado pela interdisciplinaridade, mas em uma abordagem muito além de um conceito ou de uma tendência. É necessário pensá-la como uma prática aplicada de forma sistêmica e global. Contudo, não se trata de um processo de globalização da ciência, mas de uma integração provocada pela crescente influência de tecnologias disruptivas. A pesquisa científica é cada vez mais integrada em função da colaboração entre pesquisadores de diferentes áreas e países e pela disseminação rápida de conhecimento através de plataformas digitais.

São a ciência aberta e o acesso livre à informação científica os pilares desse processo atual de transformação dos paradigmas.

Definir um único paradigma científico que abarque toda a ciência e tecnologia contemporâneas é desafiador, dada a diversidade de campos e abordagens. No entanto, é possível identificar alguns atributos dessa integração que se destacam. O Quadro 27 apresenta sucintamente os mais relevantes para esta pesquisa.

Quadro 28 – Atributos de paradigmas existentes

| Atributos contemporâneos para paradigmas existentes | |
|---|--|
| Tecnologização | A tecnologia permeia todas as áreas da ciência, desde a experimentação até a divulgação dos resultados. Ferramentas computacionais, big data, inteligência artificial e outras tecnologias digitais revolucionaram a forma como os cientistas trabalham e produzem conhecimento. |
| Integração de base tecnológica | A busca por leis e princípios unificadores que expliquem fenômenos complexos continua sendo uma característica marcante da ciência contemporânea. No entanto, a redução de fenômenos complexos a sistemas mais simples tem sido acompanhada por uma crescente valorização da abordagem da complexidade e da interação entre diferentes níveis de organização. |
| Empirismo e Teoria | A ciência contemporânea mantém um equilíbrio entre a observação empírica e a construção de teorias. A experimentação e a coleta de dados são fundamentais para testar hipóteses e validar teorias para a construção de modelos teóricos abstratos. Processos de Big Data e Data Mining (Mineração de Dados) integrados em Cloud Storage (Armazenamento em Nuvem) otimizam enormemente essas ações. |
| Domínio | Auxilia na incorporação e preservação do conhecimento, representando a estrutura projetada para estender, personalizar e evoluir o conhecimento. |
| Ética e Responsabilidade Social | A ciência contemporânea está cada vez mais consciente de seu impacto social e ambiental. A ética na pesquisa, a responsabilidade social dos cientistas e a necessidade de considerar as implicações sociais das descobertas científicas são temas cada vez mais presentes nas discussões sobre a ciência. |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Todos os processos indicados apresentam convergência direta com os desenvolvimentos e uso das TDs. Mas é importante destacar o papel da integração de base tecnológica citada, pois representa um dos principais fatores da tendência à interdisciplinaridade existente, a qual pode ser definida ao estabelecê-la como “ferramenta” para processos de projetos que atuem em uma mesma base tecnológica.

Esta pesquisa propõe que o paradigma vigente, resultado da migração de todos os outros paradigmas, deve se dar através do caminho da integração tecnológica digital. Para esta pesquisa, ele é conceituado como **Paradigma da Computação Binária Nato-Digital**.

Esse conceito lida de forma integradora em relação aos termos conhecidos, como Nato-Digital⁴⁷. Porém, ele chama a atenção para o marco temporal da tecnologia de computação binária, em função de que a continuidade do desenvolvimento prevê a evolução da computação para bases quânticas e/ou neuromórficas, mantendo, porém,

47 Originalmente, Nato-Digital indicavam materiais que têm a sua origem em algum meio digital. No entanto, à medida que as TDs avançaram e se espalharam, o conceito de nato-digital também foi ampliado para outros setores da sociedade (Mahesh e Mittal, 2009). Com isso, as tecnologias de Realidade Aumentada e Virtual, a Inteligência Artificial Pervasiva, a Biotecnologia e o Metaverso, por exemplo, podem ser considerados como artefatos nato-digitais.

a evolução de muitos artefatos nato-digitais atuais. O objetivo dessa definição é representar a característica de evolução continuada dentro de uma mesma matriz de tecnologia; no caso, a computação binária – nato-digital, o que também representa a **Ciência Normal** atual.

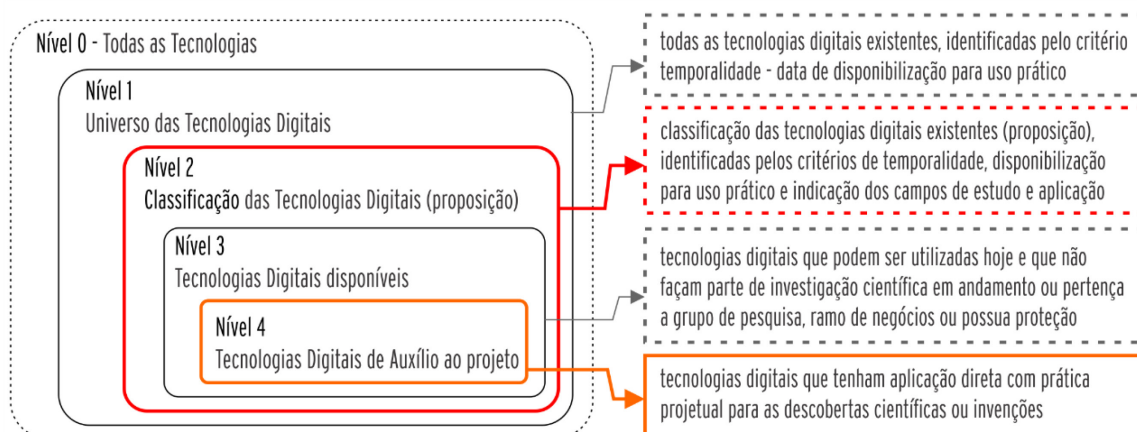
Na sequência da pesquisa, foi desenvolvida uma estruturação aprofundada do universo de pesquisa, do desenvolvimento e do uso das TDs disponíveis, percorrendo um caminho de alinhamento com as práticas projetuais do tempo atual.

10.2 As estruturas contemporâneas das tecnologias disponíveis

Dentro dessa Ciência Normal vigente, pode-se constatar a existência de uma quantidade significativa de desenvolvimentos integrados de TDs. Torna-se relevante que se realize uma identificação e uma classificação que propiciem a compreensão sobre quais TDs atuam de forma direta nos processos de projeto. A proposta inicial de estruturação é organizada por níveis a partir de modelagem de complexidade topo-base (*top-down*), permitindo a análise sistêmica do universo das TDs sem desconsiderar as relações de heranças dos seus desenvolvimentos (interdependência cumulativa).

- **Nível 00** – O Universo das Tecnologias;
- **Nível 01** – O Universo das Tecnologias Digitais;
- **Nível 02** – A Classificação das TDs (proposta na pesquisa);
- **Nível 03** – As Tecnologias Digitais disponíveis;
- **Nível 04** – As Tecnologias Digitais de Auxílio ao Projeto.

Figura 47 – Estrutura de identificação das relações sistêmicas das TDs



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

A Figura 47 representa as relações sistêmicas dos níveis definidos, sendo que o **Nível 0** (zero) representa todo o universo das tecnologias desenvolvidas pelo homem.

O recorte que interessa a esta pesquisa se dá a partir do **Nível 01**, sendo que os outros níveis estabelecidos ordenam ações de pesquisa que alinham processos de identificação, classificação sistêmica e seleção. Para o desenvolvimento da análise e classificação da etapa de **Nível 01**, foram definidos os seguintes parâmetros⁴⁸:

- Consulta e análise de bibliometria a partir do repositório Scopus Elsevier;
- Consulta em referências bibliográficas originais (publicações originais) dos autores relevantes ao estudo dos temas;
- Consulta a publicações e sites de divulgação científica;
- Consulta em sites oficiais dos desenvolvedores das tecnologias comercialmente disponíveis.

10.3 A Identificação de Nível 01 – Universo de Tecnologias Digitais

Para a realização da primeira etapa de análise e representação das TDs, definiu-se os seguintes critérios de identificação:

- Critério 01 - Identificação e Descrição da TD e Data de sua disponibilização;
- Critério 02 - Identificação dos campos de aplicação (ou investigação);
- Critério 03 - Ordenação da sequência de evolução do desenvolvimento.

O objetivo é identificar todas (ou quase todas) as tecnologias digitais existentes, tendo como foco a temporalidade de lançamento, isto é, a data de disponibilidade para uso prático no mundo. Mas é importante ressaltar que algumas tecnologias ainda se encontram em desenvolvimento, sendo que as datas consideradas foram aquelas das primeiras publicações científicas válidas. Para os procedimentos desta pesquisa, foram definidos seguintes requisitos:

1. Identificar e listar todas as tecnologias denominadas “digitais”, independentemente da aplicação, organizando-as pelo critério de tempo de disponibilidade (cronologicamente);
2. Identificar os campos de atuação das tecnologias digitais listadas;

⁴⁸ Os parâmetros aqui listados são detalhamentos de métodos e ferramentas referenciadas no Tópico 2 -Procedimentos metodológicos. Aqui são indicados em detalhes, em função de especificidades para as classificações adotadas e em função dos tipos de tecnologias digitais analisadas.

3. Identificar todas as tecnologias digitais que são evoluções diretas de uma outra TD antiga, organizando a sequência de evolução (referência temporal).

10.3.1 - Resultados para o Nível 1 - Critério 01 (Identificação e Datas de disponibilização):

Foram identificadas um total de **68 classes de tecnologias digitais**. O Quadro 29 apresenta a lista com os nomes, descrições e datas de referência.

Quadro 29 – Estrutura de identificação das tecnologias digitais disponíveis

| Sigla | Tecnologia | Descrição | Ano |
|-------|---|---|------|
| AUT | <i>Automation</i> Automação | Tecnologias que reduzem a intervenção humana nos processos, principalmente relacionados a critérios de decisão, relações de subprocessos e ações relacionadas, bem como incorporar predeterminações em máquinas (Agrawal et al., 2023). | 1962 |
| SIM | <i>Simulation</i> Simulação | Representação imitativa de um processo ou sistema que poderia existir no mundo real, podendo, por muitas vezes, ser usada de forma intercambiável com o modelo (Sokolowski; Banks, 2009). | 1970 |
| ROB | <i>Robotics</i> Robótica | Campo interdisciplinar que integra muitos campos que tratam de aspectos específicos da automação baseada em robôs (White et al., 2015). | 1973 |
| CAD | <i>Computer Aided Design</i> Projeto Auxiliado por Computador | Processo de uso de computadores e software especializados para criar modelos tridimensionais virtuais e bidimensionais de desenhos de produtos e ambientes (Bryden, 2014). | 1980 |
| CNC | <i>Computer Numeric Control.</i> Controle Numérico Computadorizado | Está associado ao processo de produção, sendo processo auxiliado por microcontrolador ou controlador numérico para o acionamento de máquinas-ferramentas (Collin, 2004). | 1980 |
| VaRS | <i>Visualization and Representation Systems</i> Sistemas de Visualização e Representação Gráfica | Campo de estudo de sistemas digitais para visualização científica, resultados analíticos de dados e informação, visualização de produto, de geoprocessamento e de conhecimento (Maschner; Shuirley, 2023). | 1980 |
| CT-S | <i>Contact Scanner</i> Escâner de Contato | Funciona sondando fisicamente (tocando) a peça e registrando a posição do sensor conforme a sonda se move ao redor da peça (Verykokou; Ioannidis, 2023). | 1980 |
| VR | <i>Virtual Reality</i> Realidade Virtual | Tecnologia de geração de ambientes por computador que simula a realidade tridimensional (Khosrow-Pour, 2005). | 1982 |
| CIM | <i>Computer-Integrated Manufacturing</i> Manufatura Integrada por Computador | É a abordagem de fabricação que usa computadores para controlar todo o processo de produção, permitindo que processos individuais troquem informações entre si (Ingram, 2020). | 1984 |
| CTL-S | <i>Contactless Scanner</i> Escâner sem Contato | Funciona emitindo algum tipo de radiação ou luz (ultrassom, raio violeta ou laser) sobre o objeto e detectando seu reflexo (Verykokou; Ioannidis, 2023). | 1985 |
| CAE | <i>Computer Aided Engineering</i> Engenharia Auxiliada por Computador | Permite que cálculos de engenharia sejam realizados a partir da importação de dados de modelos sólidos relacionados a banco de dados de propriedades físicas dos materiais (Bryden, 2014). | 1985 |

| | | | |
|-------|--|--|------|
| CAM | <i>Computer Aided Manufacturing</i> Manufatura Auxiliada por Computador | Processo de interação entre computadores e máquinas-ferramentas usado para fabricar um produto (Collin, 2004). | 1985 |
| FEA | <i>Finite Element Analysis</i> Análise de Elementos Finitos | Processo computadorizado para resolver numericamente equações diferenciais que surgem em engenharia e modelagem matemática (Guo; Liu, 2002). | 1985 |
| NM | <i>Nano Machines</i> Nano Máquinas | Produto de nano Ciência desenvolvido com estruturas em nanoescala, trabalhando com materiais, superfícies, pequenas partículas e dispositivos eletrônicos (Drexler, 2013). | 1986 |
| GIS | <i>Geographic Information System</i> Sistema de Informação de Geografia | Tecnologia para visualização e análise de dados geográficos com recursos armazenados como geometria e referências em mapa, projeções e coordenadas espaciais (Dore; Murphy, 2012). | 1986 |
| NURBS | <i>Non-uniform rational basis spline</i> Spline de base racional não uniforme | Modelo matemático, que utiliza splines de base, usado para representar curvas e superfícies com flexibilidade e precisão para lidar com formas analíticas e modeladas (Peigl; Tiller, 1997). | 1987 |
| PRM | <i>Parametricism</i> Sistemas Paramétricos | Tem sua origem no design paramétrico, que se baseia nas restrições de uma equação paramétrica, dependendo de programas, algoritmos e computadores para manipular equações para fins de projeto (Tedeschi, 2014). | 1987 |
| RPT | <i>Rapid Prototype Technology</i> Tecnologia de Prototipagem Rápida | Conjunto de processos de máquina controlados por computador usados para prototipagem rápida de peças a partir de arquivos CAD (Bryden, 2014). | 1987 |
| PDM | <i>Product Data Management</i> Gerenciamento de Informações de Produto | Sistema digital de controle e gerenciamento integrado de informações de desenvolvimento de produto, incluindo PLM (Product Live Management) e PIM (Product Information Management) (Griffin; Page, 1996). | 1990 |
| BIM | <i>Building Information Modeler</i> Modelagem de Informações Construção | Envolve modelagem de objeto baseado em informações de componentes paramétricos com regeneração automática das visualizações dos objetos sempre que suas informações são atualizadas ou revisadas (Ingram, 2020). | 1990 |
| AR | <i>Augmented Reality</i> Realidade Aumentada | Combinação de realidade virtual com visão computacional que permite a interação do real e do virtual humanos em um contexto de realidade virtual e aumentada (Khosrow-Pour, 2005). | 1992 |
| SEG | <i>Segmentation Systems</i> Sistemas de Segmentação | Processamento digital de imagens e visão computacional que particiona a imagem digital em segmentos, de modo a simplificar e/ou transformar a representação (Shapiro e Stockman, 2001). | 1995 |
| PAR | <i>Parametric System</i> Sistema de Parametrização | Sistema computadorizado de geração de soluções a partir de dados e informações configuráveis baseado em orientação a objetos, classes, famílias, métodos e parâmetros (Wassim, 2013). | 1995 |
| SPr | <i>Shared Processing</i> Processamento Compartilhado | Baseia-se na ideia de que os dados coletados por sensores IoT e dispositivos conectados podem ser compartilhados e processados de forma distribuída. (Murugesan; Bojanova, 2016). | 1995 |
| CL | <i>Cloud Computing</i> Computação nas nuvens | Tecnologia da disponibilidade sob demanda de recursos computacionais na internet, que armazena dados e | 1996 |

| | | | |
|-------|---|---|------|
| | | capacidade, sem gerenciamento ativo direto pelo usuário (Ray, 2018). | |
| IOT | <i>Internet of Things</i> Internet das Coisas | Descreve dispositivos com sensores, capacidade de processamento, software e outras tecnologias que conectam e trocam dados com outros dispositivos e sistemas pela Internet ou outras redes de comunicação (Kirillova, 2021). | 1999 |
| GNSS | <i>Global Network of Satellite System</i> Sistema Rede Global de Satélites | É o sistema de integração dos sistemas GPS, GLONASS, Galileo e BeiDou usado em aplicações relacionadas a geoposicionamento (Petropoulos; Srivastava, 2021). | 2000 |
| DR | <i>Drones (Moderns UAVs)</i> Drones (VAAs modernos) | É um veículo não tripulado pode estar sob controle tele robótico, controlado ou guiado remotamente (Custers, 2016). | 2000 |
| AM | <i>Additive Manufacturing</i> Manufatura Aditiva | Tecnologia voltada para a impressão de ambientes diretamente de modelos desenvolvidos digitalmente (Liou, 2019). | 2001 |
| RMT | <i>Rapid Manufacture Technology</i> Tecnologia de Manufatura Rápida | conjunto de processos de máquina controlados por computador usados para fabricação de peças e construção de ambientes a partir de arquivos CAD e BIM (Bryden, 2014). | 2004 |
| PCT | <i>Point Cloud Technology</i> Tecnologia de Nuvem de Pontos | É um conjunto discreto de pontos de dados no espaço que representam uma forma ou objeto 3D, produzido por scanners 3D ou por fotogrametria que medem pontos nas superfícies dos objetos e ao seu redor (Gomez, 2022). | 2005 |
| AI | <i>Artificial Intelligence</i> Inteligência Artificial | É uma classe ampla de tecnologia embarcada dedicada a executar tarefas de maneira extremamente eficiente e válida a partir de aprendizado de máquina e treinamento de algoritmos específicos (Mielke, 2021). | 2005 |
| SWA | <i>Self-Writables Algorhitms</i> Algoritmos auto-escritos | Evolução do código automodificável a partir de sua fusão com os sistemas de IA ampliando o caráter da automodificação intencional para situações em que o código se modifica devido a um erro ou um aprendizado (Pineau et al., 2021). | 2005 |
| AIR | <i>Autonomous Intelligent Robotics</i> Robótica Inteligente Autônoma | Consiste na infusão de operações autônomas em sistemas de robótica a partir da integração de sensores, análise de dados e sistemas especializados de máquinas e IA (White et al., 2015). | 2005 |
| GEN | <i>Generative Systems</i> Sistemas Generativos | São tecnologias com capacidade global para produzir mudanças espontâneas, sendo que o grau de generatividade é medido em função da capacidade de alavancagem, da adaptabilidade, da facilidade de domínio e da acessibilidade (Tedeschi, 2014). | 2006 |
| SMC | <i>Smarties Cities</i> Cidades Inteligentes | Representa uma área urbana tecnologicamente adequada para utilização de diferentes tipos de métodos eletrônicos e sensores para coletar dados específicos (Baseti; Shiva, 2023). | 2008 |
| LIDAR | <i>Light Detection and Ranging</i> Detecção e Alcance de Luz | Tecnologia para determinar objetos ou superfícies com luz medindo o tempo de retorno de sua reflexão ao receptor. (Leberi et al., 2010). | 2010 |
| LADAR | <i>LASER Detection and Ranging</i> Detecção e Alcance de LASER | Tecnologia para determinar objetos ou superfícies com laser medindo o tempo de retorno de sua reflexão ao receptor. (Leberi et al., 2010). | 2010 |

| | | | |
|-------|---|---|------|
| CIMod | <i>City Information Modeler</i> Modelagem de Informações de Cidades | Ferramentas de simulação urbana que centralizam em tempo real informações da cidade com a funcionalidade de fornecer abordagem pluralista de cenários de projetos futuros para que as cidades se desenvolvam de forma integrada e inteligente (Ingram, 2020). | 2010 |
| AAD | <i>Algorithm Aided Design</i> Projeto Auxiliado por Algoritmo | Representa a classe de tecnologia de Projeto Auxiliado por Algoritmos, a partir do uso de editores de algoritmos específicos, para auxiliar na criação, modificação, análise ou otimização de um projeto (Tedeschi, 2014). | 2010 |
| APM | <i>Atomically Precise Manufacturing</i> Manufatura Atomicamente Precisa | Tecnologia para desenvolvimento e produção de objetos, materiais e máquinas atomicamente precisas (Drexler, 2013). | 2010 |
| DT | <i>Digital Twins</i> Gêmeos Digitais | Modelos digitais de um produto, sistema ou processo físico usado como parâmetro de funcionamento e avaliação de risco, através da simulação efetivamente indistinguível do funcionamento do seu paralelo no mundo real (SEBoK, 2023). | 2010 |
| ADR | <i>Autonomous Drones (Moderns UAVs)</i> Drones Autônomos (VAAs modernos) | É um drone controlado de forma autônoma capaz de detectar seu ambiente e navegar por conta própria, tomando decisões a partir do seu aprendizado de máquina (Custers, 2016). | 2012 |
| AVS | <i>Autonomous Vehicles</i> Veículos Autônomos | Toda classe de veículos terrestres, aéreos e marítimos que, a partir de sensores, visão computadorizada e outros sistemas de decisão especializados, são capazes de detectar seu ambiente e navegar por conta própria, tomando decisões a partir do seu aprendizado de máquina (Felix, 2022). | 2013 |
| GAI | <i>Generative Artificial Intelligence</i> <i>Inteligência Artificial Generativa</i> | Tipo de sistema de IA capaz de gerar texto, imagens ou outras mídias, em resposta a solicitações em linguagem natural, usando modelos generativos como grandes modelos de linguagem, mostrando estatisticamente novos dados com base em treinamentos usados para criá-los (Open AI, 2023). | 2013 |
| ML | <i>Machine Learned</i> Aprendizado de Máquina | Treinamento de algoritmos para aprender com dados e fazer previsões ou tomar decisões sem ser programado (Mielke, 2021). | 2015 |
| 5G | <i>Mobile 5^a Generation Technology</i> Tecnologia Celular de 5 ^a Geração | São redes celulares, com velocidade máxima de 10 gigabits por segundo (Gbit/s), maior largura de banda para oferecer velocidades mais rápidas, podendo conectar mais dispositivos, incluindo conexões mais rápidas da rede internet com aplicações Internet das Coisas (Salih et al., 2020). | 2016 |
| QC | <i>Quantum Computing</i> Computação Quântica | É tecnologia de computação baseada nos fenômenos da mecânica quântica, possuindo a vantagem da altíssima performance em tarefas extremamente complexas que podem, em teoria, ser resolvidas em grande escala de informações, abrangência e tempo (Banafa et al., 2022). | 2019 |
| MSatS | <i>Massive Satellite System</i> Sistema Massivo de Satélites | Ou Constelação de Satélites, é um grupo de satélites artificiais que integram satélites de empresas, universidades, georeferenciamento, comunicação e internet (Petropoulos e Srivastava., 2021). | 2019 |
| 6G | <i>Mobile 6^a Generation Technology</i> | São redes celulares mais rápidas do que as gerações anteriores e com maior poder de conexão através da internet (Banafaa et al., 2022). | 2020 |

| | | | |
|------|---|--|---------|
| | Tecnologia Celular de 6ª Geração | | |
| DCC | <i>Dew Cloud Computing</i> Computação Nuvem de Orvalho | Aprimoramento da Computação na Nuvem que garante acesso aos servidores sem o uso da internet (Ray, 2018). | 2020 |
| M2MN | <i>Machine to Machine Network</i> Rede Máquina para Máquina | Sistema de comunicação e de tomada de decisão direta entre máquinas digitais, além de redes de computadores, como parte dos cenários de automação. Agrega Redes de Sensores Sem Fio (WSN - Wireless Sensor Networks) e Internet das Coisas com maior desempenho e capacidades aprimoradas (Orfanos et al., 2023). | 2021 |
| BMI | <i>Brain Machine Interface</i> <i>Interface Cérebro-Máquina</i> | Utiliza sensores para capturar sinais elétricos do cérebro e usá-los para controlar computadores, máquinas e equipamentos (SEBoK, 2023). | 2026(*) |
| CDT | <i>City Digital Twins</i> Cidade Gêmea Digital | Expansão da tecnologia Digital Twins para as cidades, de forma a refletir e a afetar com precisão funções e processos para melhorar a operacionalidade, gerenciamento e desenvolvimento de cidades inteligentes, a partir do aumento da eficiência de processamento de dados, da inclusão dos componentes socioeconômicos e da integração mútua das duas contrapartes (Shahat et al., 2021). | 2027(*) |
| GDAI | <i>Generative Design by Artificial Intelligence</i> Projeto Generativo por Inteligência Artificial | Representa o resultado da interdependência-cumulativa e da fusão de todos os conceitos de tecnologia de auxílio ao projeto (AAD, CAD, CAE, CAM, CIM, FEA, PAR, RPT, RMT, BIM, GEM etc.) com inteligência artificial ampla e computação de maior processamento (binária de alta performance, neuromórfica ou quântica (Menges et al., 2017). | 2028(*) |
| NA | <i>Nano Assemblers</i> Nano Montadores | Dispositivo capaz de guiar reações químicas, posicionando moléculas reativas com precisão atômica, como uma espécie de máquina molecular (Drexler, 2013). | 2030(*) |
| QN | <i>Quantum Networks</i> Rede Quântica | Facilita a transmissão de informações na forma de qubits entre processadores quânticos separados. Redes quânticas são melhores na resolução de problemas, como a modelagem de sistemas quânticos (Vedral, 1998). | 2030(*) |
| NeC | <i>Neuromorphic Computing</i> Computação Neuromórfica | É uma abordagem da computação inspirada na estrutura e função do cérebro humano com o objetivo de projetar sistemas neurais artificiais como sistemas de visão, processadores auditivos e robôs autônomos, cujos recursos físicos são baseados nos sistemas nervosos biológicos (Chen et al., 2022). | 2035(*) |
| FQC | <i>Full Quantum Computing</i> Computação Quântica Total | Representa a operação total e integrada de computadores quânticos clássicos e topológicos interligados em redes quânticas, validando o conceito de interdependência-cumulativa e de fusão. (Banafa et al, 2023). | 2035(*) |
| FAI | <i>Full Artificial Intelligence</i> Inteligência Artificial Total | Representa o resultado da interdependência-cumulativa e da fusão dos conceitos de inteligências artificiais estreitas e especializadas (Kumpulainen; Teriyan, 2022). | 2035(*) |
| FCIM | <i>Full City Information Modeler</i> Modelagem Total de Informações de Cidades | Representa o resultado da interdependência-cumulativa e fusão dos conceitos de CIMod (City Information Modeler) com inteligência artificial ampla e computação de maior processamento (binária de alta performance, neuromórfica ou quântica) (Basseti; Shiva, 2023). | 2035(*) |
| AIOT | <i>Autonomous Internet of Things</i> | Resultado da interdependência-cumulativa e da fusão dos conceitos de Internet of Things com IA ampla e computação de maior processamento (binária de alta performance, | 2040(*) |

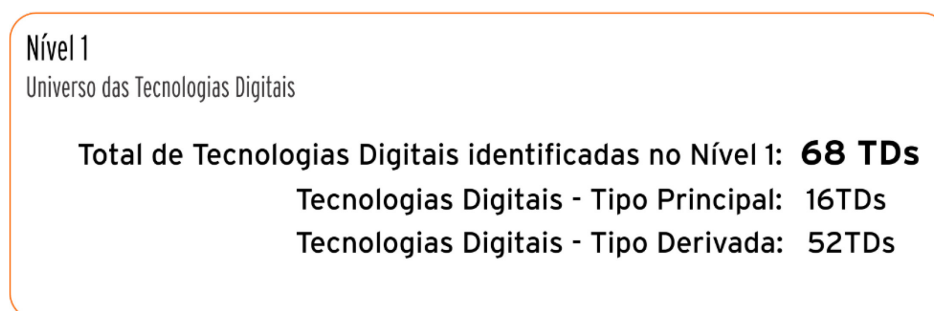
| | | | |
|-------|---|---|-----------------------|
| | Internet das Coisas Autônoma | neuromórfica ou quântica), ampliando o uso ubíquo e a autonomia. | |
| AIInt | <i>Autonomous Internet</i> Internet Autônoma | Representa o resultado da interdependência-cumulativa e da fusão dos conceitos de internet com inteligência artificial ampla e computação de maior processamento (binária de alta performance, neuromórfica ou quântica), ampliando o uso ubíquo e a autonomia. | 2040(*) |
| TA | <i>Total Automation</i> Automação Total | Representa o resultado da integração total dos processos de Robótica, dos processos e sistemas compartilhados, dos sistemas de movimentação, produção e comunicação entre máquinas através das IAs (binárias, quânticas ou neuromórficas). | 2040(*) |
| FAPM | <i>Full Atomically Precise Manufacturing</i> Manufatura Atomicamente Precisa Total | Representa o resultado da interdependência-cumulativa e da fusão dos conceitos de nanotecnologia com inteligência artificial ampla e computação de maior processamento (binária de alta performance, neuromórfica ou quântica), ampliando o uso ubíquo e a autonomia. | 2040(*) |
| TA | <i>Total Autonomy</i> Autonomia Total | Representa o grau maior de interdependência-cumulativa de todas as tecnologias digitais desenvolvidas, representando o estado máximo de assimetria humano-máquina, podendo ser considerado uma singularidade | 2045(*) ⁴⁹ |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Para otimizar a identificação dos campos de atuação (Critério 2) e a necessidade de ordenação pela sequência das evoluções diretas das TDs (Critério 3), foram definidos dois tipos de TDs:

- a) Tipo Principal, identificando tecnologias que “abriram” campos de pesquisas;
- b) Tipo Derivada, identificando as áreas de investigação ou desenvolvimento tecnológico que evoluíram a partir das tecnologias do Tipo Principal.

Figura 48 – Resultados pesquisa para Nível 1 de tecnologias digitais (TDs).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

A Figura 48 apresenta o resultado quantitativo da pesquisa para o Nível 1.

⁴⁹ (*) A partir do ano de 2024, as datas de disponibilização futura para uso das tecnologias foram estimativas com base em datas previstas nas fontes consultadas.

10.3.2. - Resultados para o Nível 01 - Critério 02 (Identificação dos campos de aplicação)

A especificação de campos de atuação tem como objetivo criar uma relação com as atividades relacionadas à prática projetual. Foram definidos cinco agrupamentos e seus processos relacionados: a) projeção e auxílio à projeção; b) informação; c) processos de produção; d) integração de tecnologias e e) novas áreas de atuação. A Figura 49 a seguir mostra os campos de atuação e os processos associados.

Figura 49 – Indicação dos campos de atuação das TDs.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

O Quadro 30 apresenta a classificação das TDs com relação aos campos de atuação:

Quadro 30 – Quadro de campos de atuação da TDs em resposta ao Critério 02 - Nível 01

| Tecnologia Original | Campos de atuação | Tecnologias Derivadas | |
|--|--|-----------------------|--|
| CAD <i>Computer Aided Design</i> | <ul style="list-style-type: none"> Desenvolvimento de projetos técnicos Visualização e representação de conceito e produto | CAE | <i>Computer Aided Engineering</i> |
| | | FEA | <i>Finite Element Analysis</i> |
| CNC <i>Computer Numeric Control</i> | <ul style="list-style-type: none"> Produção controlada Automação | AUT | <i>Automation</i> |
| | | CAM | <i>Computer Aided Manufacturing</i> |
| | | CIM | <i>Computer-Integrated Manufacturing</i> |
| SIM <i>Simulation</i> | <ul style="list-style-type: none"> Simulação para validação Suporte ao projeto técnico Visualização e representação de conceito e produto | PRM | <i>Parametricism</i> |
| | | PAR | <i>Parametric System</i> |
| | | GEN | <i>Generative Systems</i> |
| VaRS <i>Visualization and Representation Systems</i> | <ul style="list-style-type: none"> Visualização e representação de conceito e produto Suporte ao projeto técnico | NURBS | <i>Non-uniform rational basis spline</i> |
| | | SS | <i>Segmentation Systems</i> |
| CS <i>Contact Scanner</i> | <ul style="list-style-type: none"> Aquisição de dados Suporte ao projeto técnico Visualização e representação de conceito e produto | CLS | <i>Contactless Scanner</i> |
| | | LIDAR | <i>Light Detection and Ranging</i> |
| | | LADAR | <i>LASER Detection and Ranging</i> |

| | | | |
|--|--|--------------|---|
| ROB <i>Robotics</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Automação • Produção controlada | DR | <i>Drone</i> |
| | | ML | <i>Machine Learning</i> |
| | | AIR | <i>Autonomous Intelligent Robotics</i> |
| | | AV | <i>Autonomous Vehicles</i> |
| | | TAU | <i>Total Autonomy</i> |
| VR <i>Virtual Reality</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Visualização e representação de conceito e produto • Suporte ao projeto técnico • Disponibilização de informações | AR | <i>Augmented Reality</i> |
| PDM <i>Product Data Management</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Gerenciamento digital de dados • Desenvolvimento de projetos técnicos • Visualização e representação de conceito e produto | BIM | <i>Building Information Modeling</i> |
| | | SMC | <i>Smarties Cities</i> |
| | | CIMod | <i>City Information Modeling</i> |
| | | FCIM | <i>Full City Information Modeling</i> |
| GIS <i>Geographic Information System</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Gerenciamento digital de dados geotécnicos • Desenvolvimento de projetos técnicos • Suporte ao projeto técnico • Visualização e representação | GNSS | <i>Global Network of Satellite System</i> |
| | | PCT | <i>Point Cloud Technology</i> |
| RPT <i>Rapid Prototype Technology</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Prototipagem e produção aditiva controlada • Suporte ao projeto técnico • Visualização e representação de conceito e produto | AM | <i>Additive Manufacturing</i> |
| | | RMT | <i>Rapid Manufacture Technology</i> |
| NM <i>Nano Machines</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Nano tecnologia | APM | <i>Atomically Precise Manufacturing</i> |
| | | NA | <i>Nano Assemblers</i> |
| | | FAPM | <i>Full Atomically Precise Manufacturing</i> |
| SPr <i>Shared Processing</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Processamento Compartilhado • Integração de sistemas • Automação de códigos | CL | <i>Cloud Computing</i> |
| | | IoT | <i>Internet of Things</i> |
| | | 5G | <i>Mobile 5th Generation Technology</i> |
| | | DCC | <i>Dew Cloud Computing</i> |
| | | M2MN | <i>Machine to Machine Network</i> |
| | | AutI | <i>Autonomous Internet of Things</i> |
| AI <i>Artificial Intelligence</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Suporte ao projeto técnico • Integração de sistemas • Processos generativos | ADR | <i>Autonomous Drones (Moderns UAVs)</i> |
| | | GAI | <i>Generative Artificial Intelligence</i> |
| | | GDAI | <i>Generative Design by Artificial Intelligence</i> |
| | | FAI | <i>Full AI</i> |
| SWA <i>Self-Writables Algorithms</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Automação de códigos • Suporte ao projeto técnico • Processos generativos | AAD | <i>Algorithm Aided Design</i> |
| | | DT | <i>Digital Twins</i> |
| | | BMI | <i>Brain Machine Interface</i> |
| | | CDT | <i>City Digital Twins</i> |
| InP <i>Integrated Processing</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Suporte ao projeto técnico • Integração de sistemas • Processos generativos • Automação | MSatS | <i>Massive Satellite System</i> |
| | | 6G | <i>Mobile 6th Generation Technology</i> |
| | | AIoT | <i>Autonomous Internet of Things</i> |
| | | AutI | <i>Autonomous Internet</i> |
| | | TA | <i>Total Autonomy</i> |

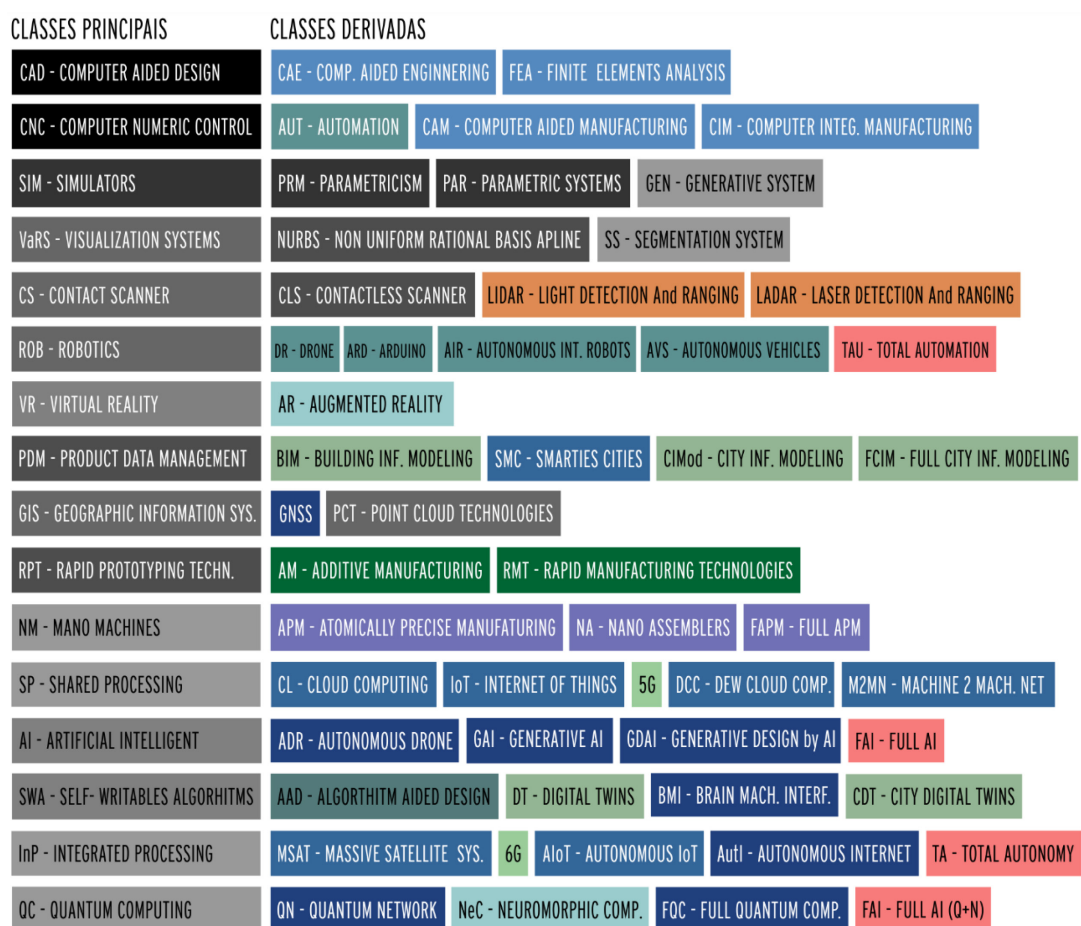
| | | | |
|---------------------------------------|--|------------|-------------------------------------|
| QC <i>Quantum Computing</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Nova computação • Autonomia total | QN | <i>Quantum Networks</i> |
| | | NeC | <i>Neuromorphic Computing</i> |
| | | FQC | <i>Full Quantum Computing</i> |
| | | FAI | <i>Full Artificial Intelligence</i> |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

10.3.3 - Resultados para o Nível 1 - Critério 03 (Sequência de evolução):

A estrutura de evolução das TDs após ordenação é apresentada na Figura 50 a seguir:

Figura 50 – Diagrama de classificação das TDs - evolução e herança – Nível 1 – Critério 03.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Um ponto importante a ser observado é que, ao se analisar a estrutura organizada de acordo com o Critério 3 (a evolução do desenvolvimento), pode-se identificar a característica previamente discutida da tendência de fusão das tecnologias percebida pela dependência evolutiva das classes derivadas.

Em alguns casos, as classes derivadas se “movem” para uma outra classe principal, dando continuidade ao seu desenvolvimento, agora de forma integrada. As cores distintas procuram basicamente indicar esse processo.

10.4 A Identificação de Nível 02 – a evolução das Tecnologias Digitais:

Para avançar sobre a questão da evolução das TDs, mostra-se necessário “ressituar” a forma de compreensão sobre o cenário contemporâneo relativo aos desenvolvimentos, heranças, disponibilidades e usos das tecnologias. Até esse ponto, pode-se observar que existem características marcantes relacionadas aos fatores de herança e de paralelismo na evolução das TDs, muito em função dos desenvolvimentos se apoiarem em uma mesma base computacional binária digital. Mas é comum pensar na evolução tecnológica como um processo linear e direto. No tocante às TDs, ocorre interessante processo de migração e de fusão entre duas bases originais de tecnologias, criando uma tecnologia integrada que se transforma em um marco de evolução para as duas bases originais anteriores. A partir daí, o desenvolvimento segue em concorrência, ou seja, em paralelo, porém, evoluindo de uma forma mais rápida e carregando toda a evolução herdada para essa nova tecnologia. Como exemplo, a domótica⁵⁰ e as casas inteligentes podem ilustrar bem esse processo.

Considerando a questão da evolução, uma estruturação modelada a partir dos tempos de disponibilização dos tipos de Tecnologias Originais, permite que se identifique e se represente o fluxo dos desenvolvimentos, gerando visualizações sistêmicas do processo. Ao se considerar a ordenação do fluxo de evolução das Tecnologias Derivadas, tem-se uma compreensão do sentido futuro dos desenvolvimentos, ao mesmo tempo que se chama a atenção para as prováveis datas estimadas para eventos de mudança das bases conceituais e/ou de construção das TDs. Mas, além dos fluxos, outros atributos pertinentes à seleção podem ser trabalhados a partir da temporalidade, otimizando a compreensão do cenário de atuação:

- **Validade:** se são TDs válidas como auxílio aos projetos AED;
- **Disponibilidade:** se ainda se encontram em uso nos projetos;

⁵⁰ Domótica é um termo que aborda as tecnologias de automação residencial. Orfanos et al. (2023) definem que tais tecnologias podem ser aplicadas usando a infraestrutura existente, cabeada ou sem fio, conectando sensores, controladores e outros dispositivos que agregam comportamentos de controle digital às residências.

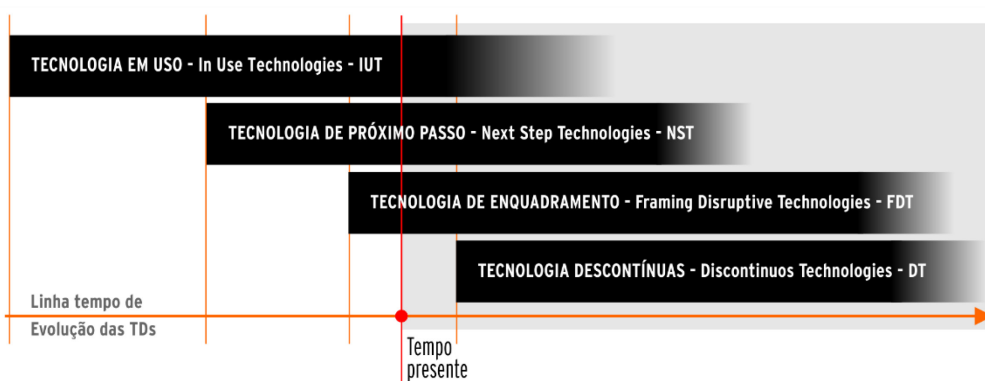
- **Acessibilidade:** se possuem uso acessível quanto à compatibilidade com os computadores/sistemas atuais (requerimento de processamento, curva de aprendizado, custo etc.);
- **Exequibilidade:** se apresentam possibilidades de implementação efetiva dos resultados em cenários de futuro próximo (menos de oito anos);
- **Continuidade:** se apresentam possibilidades de evolução técnica em cenários de futuro próximo (menos de oito anos).

Para a construção da proposta da representação do cenário de evolução das TDs, foram definidos os seguintes tipos:

- **Tecnologias em Uso** (*In Use Technologies* - IUT);
- **Tecnologias de Próximo Passo** (*Next Step Primordial Technologies* - NST);
- **Tecnologias de Enquadramento** (*Framing Disruptive Technologies* - FDT);
- **Tecnologias Descontínuas** (*Discontinuous Technologies* - DT).

A Figura 51 apresenta a representação da proposta da pesquisa para a nova classificação por tipos, estrutura de desenvolvimento e utilização em concorrência. Ela propicia o reconhecimento do atributo de interdependência-cumulativo, e, por se tratar de mesmo paradigma, a coexistência de TDs de tipos distintos não apresenta problemas.

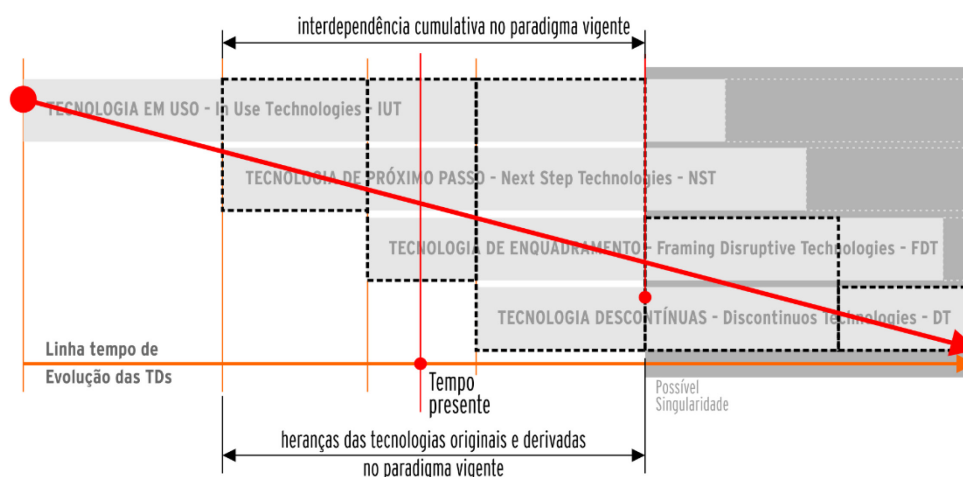
Figura 51 – Resumo dos tipos de tecnologia digital por temporalidade proposta para as TDs



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

A Figura 52 apresenta a estrutura da evolução das TDs, considerando o paradigma do tempo presente para os padrões relacionados à evolução de mesma base de conceito e de construção da tecnologia.

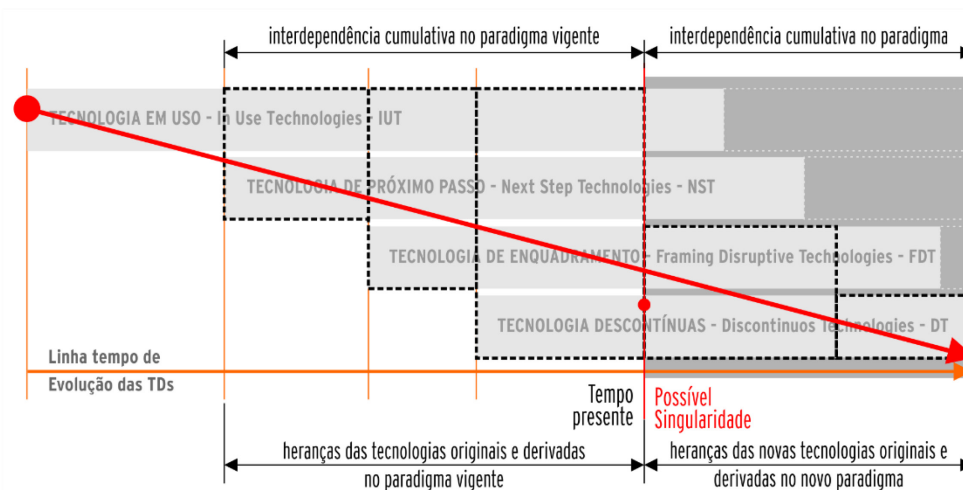
Figura 52 – Cenário atual da evolução das TDs



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

A Figura 53 explica a estrutura do diagrama, considerando um tempo próximo futuro, (quando uma possível mudança paradigmática poderá acontecer).

Figura 53 – Cenário futuro da evolução das TDs

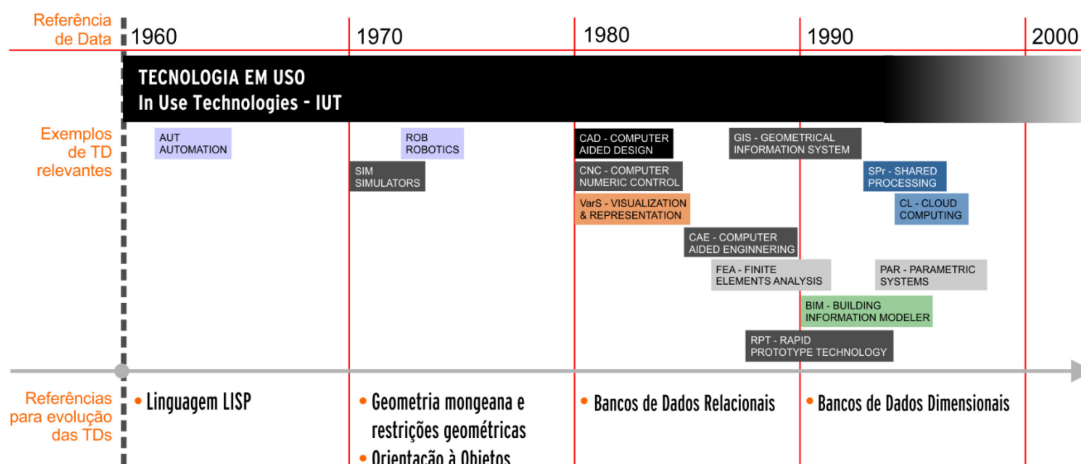


Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

As descrições apresentam os conceitos de cada um dos tipos de TDs propostos.

Tecnologias em Uso (*In Use Technologies* - IUT): representam classes de TDs validadas no mundo real com efetivo uso industrial e educacional, disponibilidade de comercialização e treinamento, alinhadas às normas técnicas e aos requerimentos básicos de uso compatíveis com equipamentos digitais existentes.

Figura 54 – Representação das IUTs e das tecnologias relevantes em sua evolução



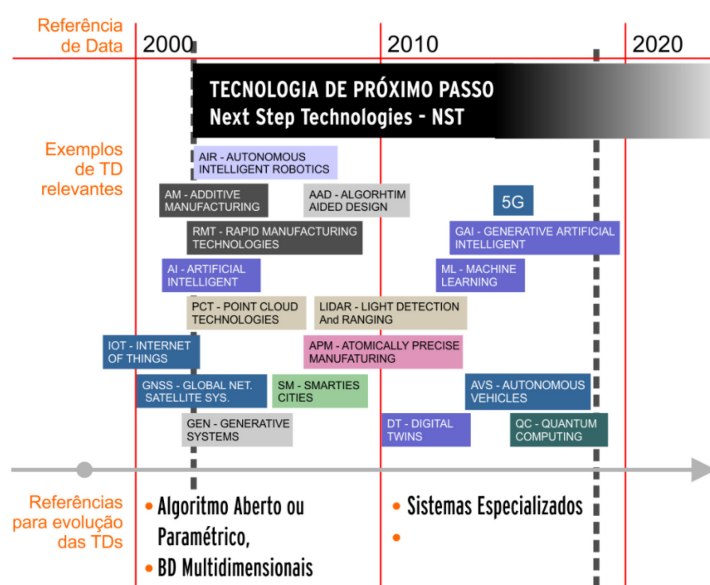
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

A Figura 54 apresenta TDs referências da evolução da computação binária digital.

Tecnologias de Próximo Passo (*Next Step Primordial Technologies - NST*):

representam classes de TDs com comprovações válidas de uso comercial e educacional, mas ainda em fase de validação para aplicação no mundo real. Com disponibilidade comercial, porém com valores de aquisição que limitam o uso fora das grandes empresas e instituições de ensino.

Figura 55 – Representação das NSTs e das tecnologias relevantes em sua evolução



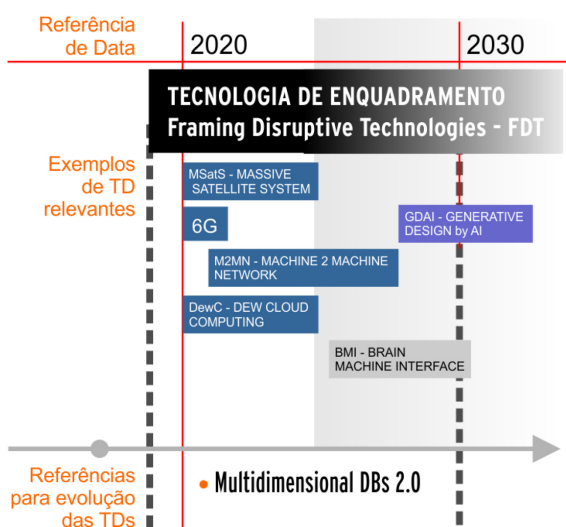
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Normalmente, atuam em projetos de pesquisas e projetos experimentais voltados aos especialistas. A Figura 55 apresenta TDs referências das evolutivas da computação binária digital.

Tecnologias de Enquadramento (*Framing Disruptive Technologies – FDT*)

Representam classes de TDs com comprovações válidas, mas ainda de posse dos proprietários. Podem ser utilizadas industrialmente, mas ainda sob condições de proteção.

Figura 56 – Representação das FDTs e das tecnologias relevantes em sua evolução



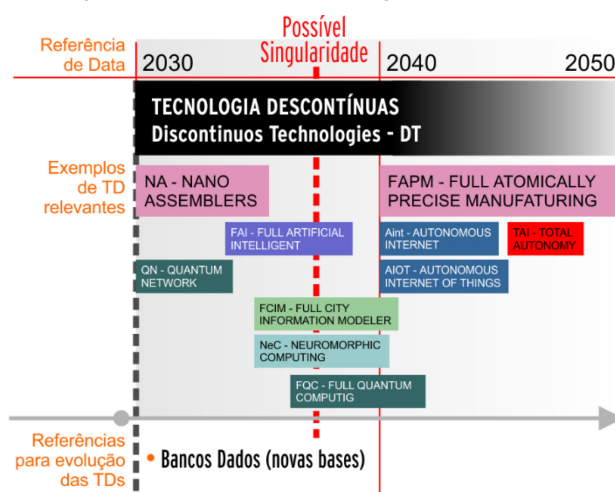
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

A Figura 56 apresenta TDs que são referências evolutivas da computação binária digital.

Tecnologias Descontínuas (*Discontínuos Technologies – DT*)

Representam as classes de TDs com comprovações válidas, mas ainda de posse dos proprietários das ideias. Podem ser utilizados industrialmente, mas ainda sob condições de proteção. A Figura 57 indica TDs que são referências evolutivas da computação binária digital.

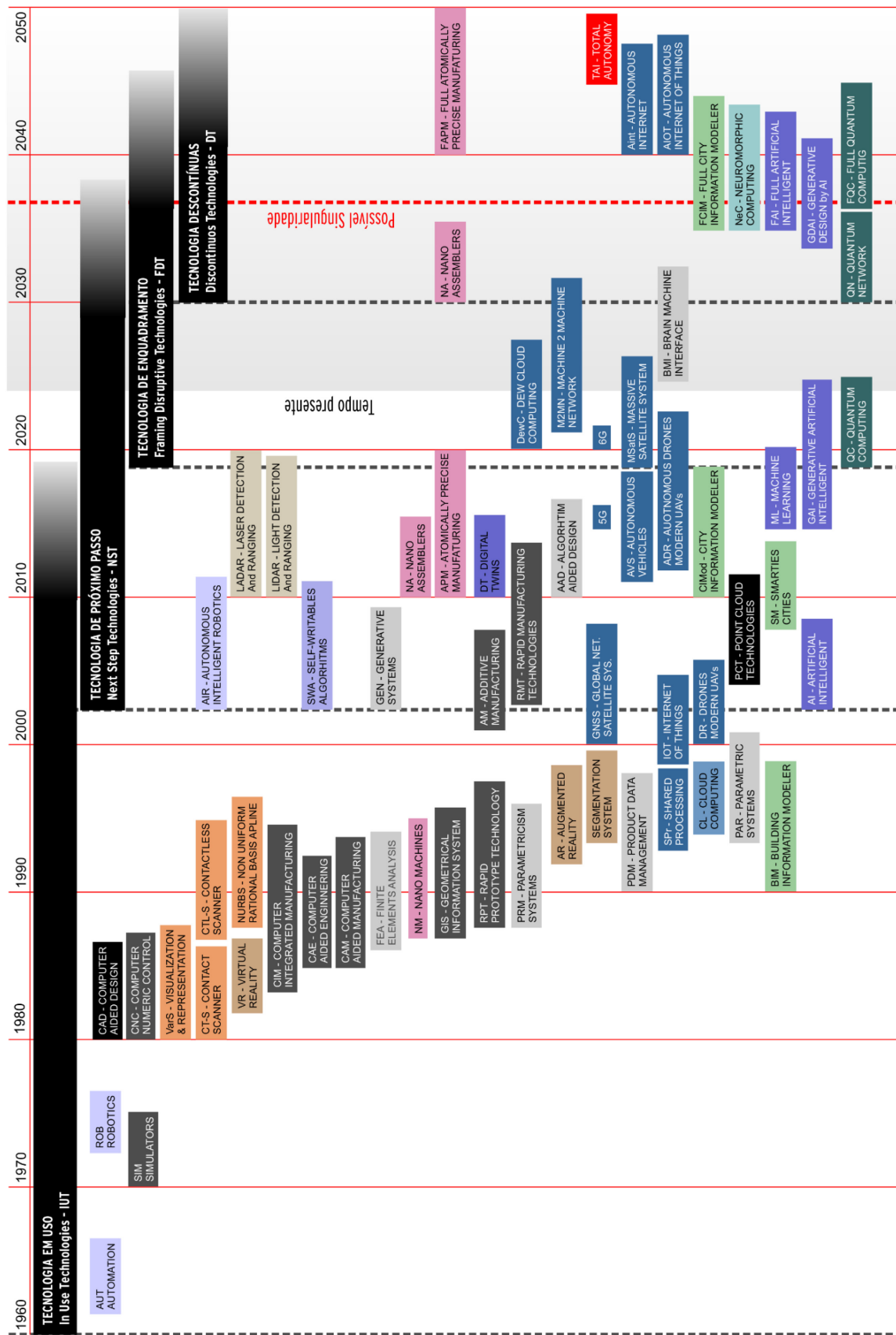
Figura 57 – Representação das FDTs e das tecnologias relevantes em sua evolução



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

A Figura 58 apresenta um diagrama completo com os quatro tipos de TDs propostas. O objetivo de se construir um diagrama sistêmico sobre o cenário de atuação das TDs (dentro do paradigma vigente) é validar e representar o grau de complexidade da disponibilidade e do uso dessas tecnologias para os profissionais de projeto.

Figura 58 – Detalhamento da evolução das TDs a partir dos tipos de temporalidade (maior resolução)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

No Quadro 30, são apresentadas algumas TDs consideradas marcos de evolução responsáveis pela abertura de campos de pesquisas e representantes das tecnologias estruturantes, complementares e base dos saltos do desenvolvimento:

Quadro 31 – Descrições de tecnologias referências de evolução

| Tipo de tecnologia | Referência de evolução | Descrição |
|--|---|--|
| IUT <i>In Use Technologies</i> | LISP <i>List Processing Language</i> | Família de linguagens de programação para dados simbólicos, sendo linguagem formal matemática. Foi a primeira linguagem da comunidade de desenvolvimento da inteligência artificial e base das tecnologias de auxílio ao projeto - CAD (Domkin, 2021). |
| | Geometria Descritiva Triédrica | Base para a criação de ambientes virtuais 3D, a partir de simulação bidimensional, utilizando superfícies e diferenciações de padrões de iluminação virtual. Ferramenta poderosa para a compreensão de objetos tridimensionais virtuais (Ralston; Reilly, 1993). |
| | Restrições geométricas <i>Geometric Constrains</i> | São ferramentas que garantem que os modelos virtuais gerados sejam precisos e consistentes, otimizando o processo de desenvolvimento de soluções técnicas (Ralston; Reilly, 1993). |
| | Orientação à Objetos | A programação orientada a objetos (POO) é baseada no conceito de objetos que podem conter dados (forma de campos), códigos (forma de procedimentos), ser instanciados por métodos e constituir sistemas (Gamma et al., 1995). |
| | Bancos de Dados Relacionais | Aprimoramento dos BDs usando modelo de estrutura de dimensões para organizar dados, constituindo tabelas estruturadas na forma de estrela ou floco, sendo ideal para sistemas que exigem maior precisão e velocidade de processamento (Halpin, 2016). |
| NST <i>Next Step Primordial Technologies</i> | Parametrização ou Algoritmo Aberto | Framework de gerenciamento de trabalho que permite criar e aplicar variações referenciadas por parâmetros para ações generativas de solução de problemas (Wassim, 2013). |
| | Bancos de Dados Multidimensionais | Aprimoramento do banco de dados dimensionais que usa modelo de estrutura de dimensões em forma de cubo (data cube). Consegue processar com eficiência muito maior, podendo, inclusive, identificar tendências, padrões e insights (Halpin, 2016). |
| FDT <i>Framing Disruptive Technologies</i> | Banco de Dados Multidimensionais 2.0 | Representa a integração dos BD Dimensionais aos processos e avanços dos sistemas de inteligência artificial e aos processos otimizados de computação na nuvem. |
| DT <i>Discontinuos Technologies</i> | Banco de Dados Multidimensionais (outras plataformas) | Representará uma nova forma de processamento de dados a partir do estado da arte da base de computação binária digital para as novas bases, como as computações quânticas e neuromórficas. |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

10.5 A Disponibilidade de Nível 03 – Tecnologias Digitais disponíveis:

A classificação de **Nível 3** diz respeito à seleção das tecnologias que são acessíveis, que podem ser utilizadas hoje, que não fazem parte de investigação científica em andamento ou que não pertençam a um grupo de pesquisa ou ramo de negócios com alguma proteção. Portanto, separando as TDs que estão disponíveis para uso imediato, independentemente de qualquer outro critério de disponibilidade, como

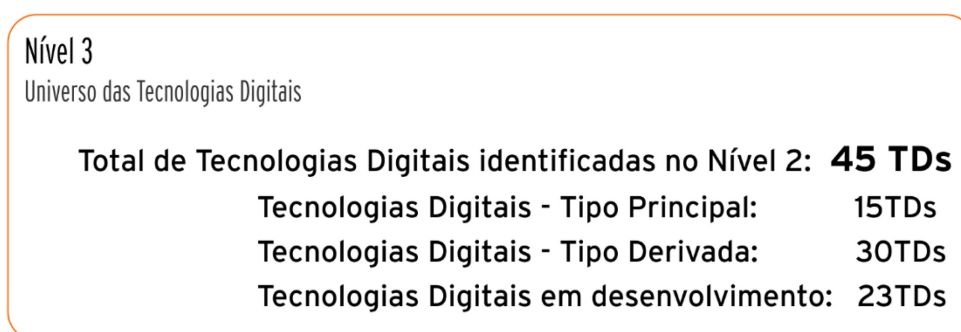
valores de investimento, custo de aquisição, custo de manutenção ou necessidade de aprendizagem específica. Foi definido o seguinte critério para essa seleção:

- Identificar as tecnologias pelos atributos “disponíveis ao uso imediato” ou “ter campo de investigação consolidado”⁵¹.

Foram identificadas **45 classes de tecnologias digitais**.

A Figura 59 apresenta o resultado quantitativo da seleção para o Nível 3.

Figura 59 – Resultados pesquisa para Nível 3 de tecnologias digitais (TDs).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

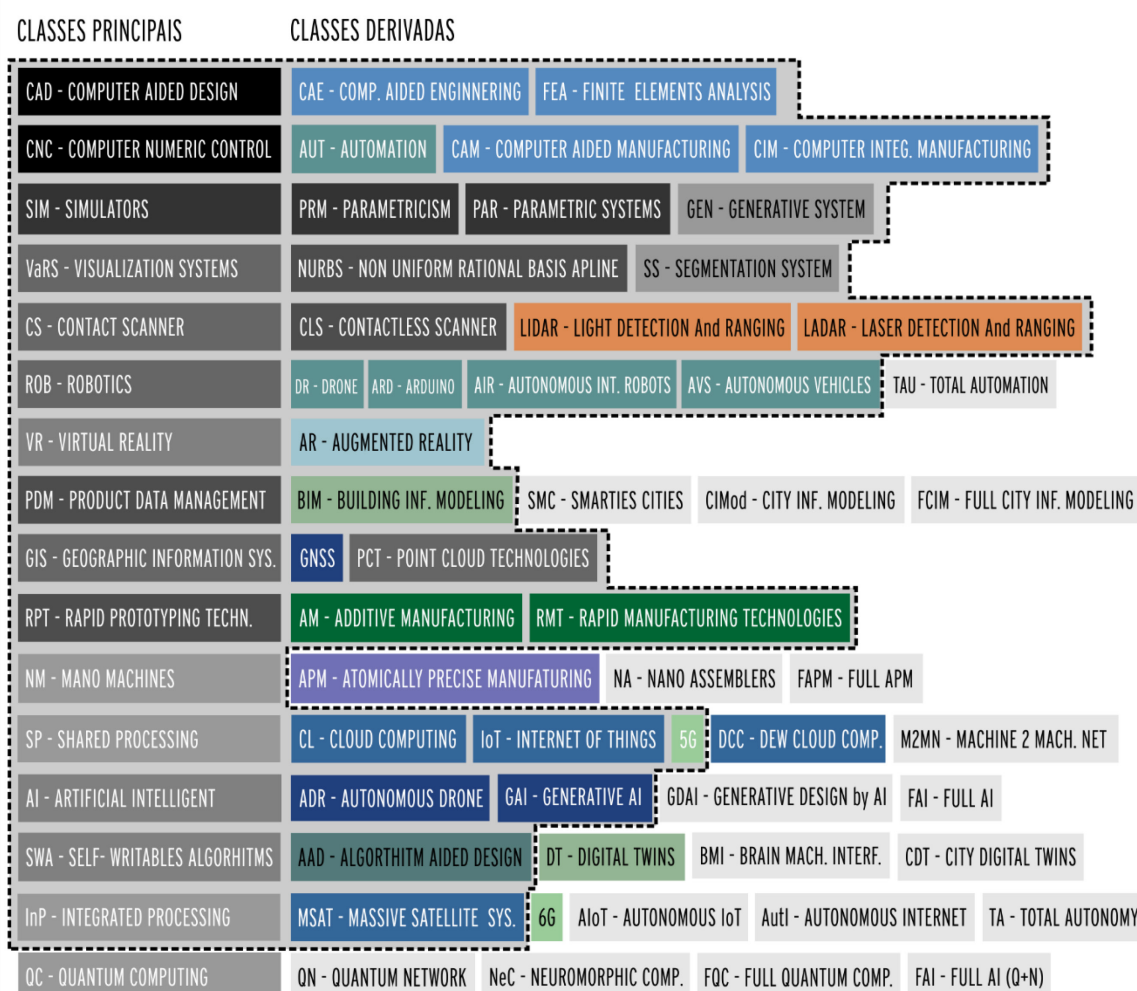
A Figura 60 apresenta o resultado da seleção de **Nível 3 (TDs Disponíveis)**. Nesse diagrama de classificação de TDs pela disponibilidade, a linha tracejada demarca as tecnologias disponíveis para aquisição que se apresentam em evolução continuada e podem ser efetivamente utilizadas.

Algumas classes de tecnologia estão visíveis fora da linha tracejada, indicando que tais TDs se encontram em fase de investigação, teste e/ou desenvolvimento. Isto é, ainda não se encontram efetivamente disponíveis para uso imediato, apesar de algumas delas poderem ser utilizadas ou comercializadas. Mas ainda necessitam de um período de validação de uso.

Para as classes de TDs marcadas em cinza claro, também situadas fora da linha tracejada, identifica-se a necessidade de mais de 8 anos de desenvolvimento para que a disponibilização para utilização prática aconteça.

⁵¹ Campo de investigação consolidado é avaliado aqui em função do número de publicações relevantes (com muitas citações) identificadas em pesquisas de bibliometria para diversas áreas de conhecimento nos repositórios reconhecidos.

Figura 60 – Diagrama de classificação das TDs pela disponibilidade – Nível 3.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

10.6 A Seleção de Nível 04 – Tecnologias Digitais de Auxílio ao projeto:

A classificação de **Nível 4** identifica as tecnologias que possuem aplicação direta na prática projetual, sendo adotado o seguinte critério:

- Selecionar as tecnologias digitais pelo atributo “serem aplicáveis como auxílio ao projeto” para AED - Arquitetura, Engenharia e Design.

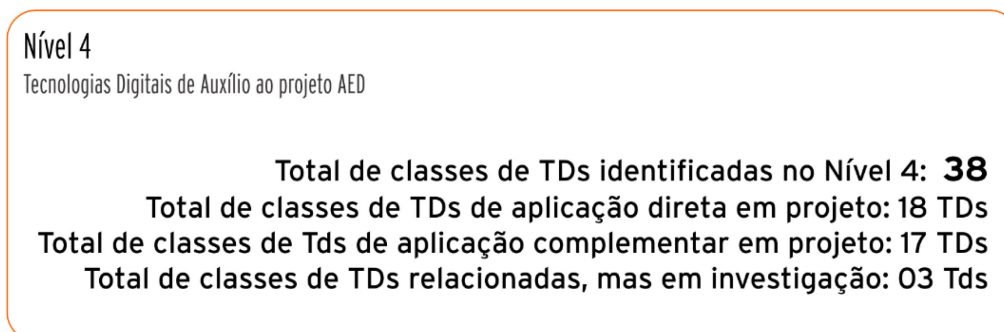
É importante observar que algumas das TDs atuam diretamente nos processos de projetos, com ações diretas sobre a concepção, o cálculo, o desenvolvimento e a validação das fases de projeção, atendendo imediatamente ao critério proposto.

Contudo, outras TDs atuam em processos complementares, como aquisição de dados, conversão de imagens, controle de processos em investigações e pesquisas, suporte à produção, comunicação, gerenciamento etc. Estas tecnologias também serão consideradas como alinhadas ao critério proposto.

10.6.1 - Resultados para o Nível 4 - Critério 01 (Aplicação como Auxílio ao Projeto):

Em resposta a essa classificação foram identificadas um total de **38 tecnologias digitais de auxílio ao projeto**. A Figura 61 apresenta o resultado quantitativo da seleção para o Nível 4

Figura 61 – Resultados pesquisa para Nível 4 de tecnologias digitais de auxílio ao projeto (TDA) – Nível 4.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

No diagrama de classificação das TDs pela disponibilidade, a linha tracejada demarca as tecnologias digitais de auxílio ao projeto hábeis de aplicação direta.

- Foram selecionadas **18 TDs disponíveis**.

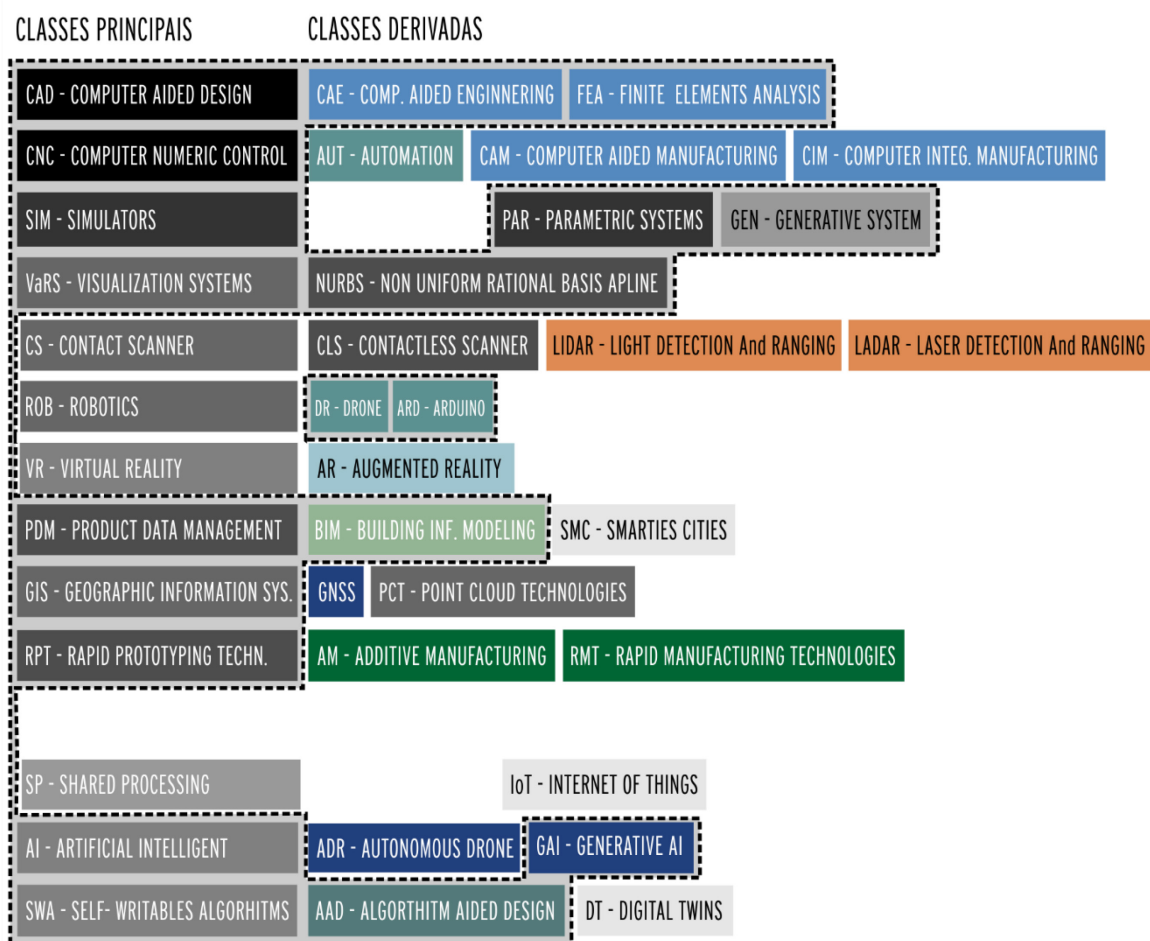
As TDs posicionadas fora da linha tracejada representam aquelas de auxílio ao projeto hábeis de aplicações complementares.

- Foram selecionadas **17 TDs disponíveis**.

As TDs posicionadas fora da linha tracejada, marcadas em cinza claro, representam aquelas que, apesar de campo de estudo consolidado, ainda dependem de mais tempo de investigação e pesquisa para validação.

- Foram selecionadas **3 TDs disponíveis**.

Figura 62 – Classificação das TDs aplicáveis no auxílio ao projeto – Nível 4 – Critério 01.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

A Figura 62 apresenta os arranjos descritos para as TDs selecionadas para o Nível 4.

10.7 Considerações sobre a classificação das TDs:

A decisão pela organização das TDs a partir do alinhamento de atributos comuns (classificação) auxilia na identificação dos atuais arranjos de integração existentes. A abordagem a partir de classes também auxilia na demonstração do grau de complexidade. Além disso, as classificações propostas partem do princípio do reconhecimento de padrões (processo para análise e modelagem de complexidade), sobre o qual se sustentam os desenvolvimentos de códigos e, conseqüentemente, dos algoritmos. Essa aproximação conceitual é relevante, pois permite uma atuação da pesquisa relacionando o Pensamento Computacional (*Computational Thinking*) com as diferenciações e alinhamentos necessárias aos novos processos de projeção auxiliados por algoritmos.

11 Os Projetos e a mediação das Tecnologias Digitais: a proposta conceitual para uma nova forma de projeção.

Até o começo deste Tópico, os termos “Projeto(s)” e “Tecnologia(s) Digital(is)” foram enormemente citados, sendo que todas as citações e as análises contextuais realizadas foram orientadas para a obtenção dos modelos da complexidade envolvida nos relacionamentos sistêmicos existentes entre os dois termos. Compreender essa complexidade de atuação histórica e comportamental é relevante para a construção de uma proposta de atuação dos projetos mediados pelas TDs no tempo presente. A ideia é que, de alguma forma, possa-se otimizar a atuação dos profissionais ligados a projetos nesse cenário latente de transição. Na verdade, os questionamentos se referem diretamente ao que muda na prática projetual com a introdução dessas tecnologias. Por isso, os projetos devem ser entendidos como linguagens, pois representam um meio sistemático de comunicação de ideias e/ou proposições por meio de signos convencionais. A atuação de um projeto tem como objetivo permitir que, ao final de todo o processo, seja feita uma entrega de um sistema de bens e serviços.

Foi o advento e o progresso do manejo da informação no formato digital que afetou sobremaneira as formas até então conhecidas e adotadas para se desenvolver um projeto. O fio comum que une as diferentes peças dessa revolução está no efeito de uma transição e/ou transformação de bens e serviços para a informação, gerando “novos produtos/serviços interconectados” caracterizados por uma hibridização em larga escala que funde código (*code*), *software*, *hardware* e comportamento (*behaviour*), criando uma outra metáfora para a realidade. Tudo se transformando em fluxo.

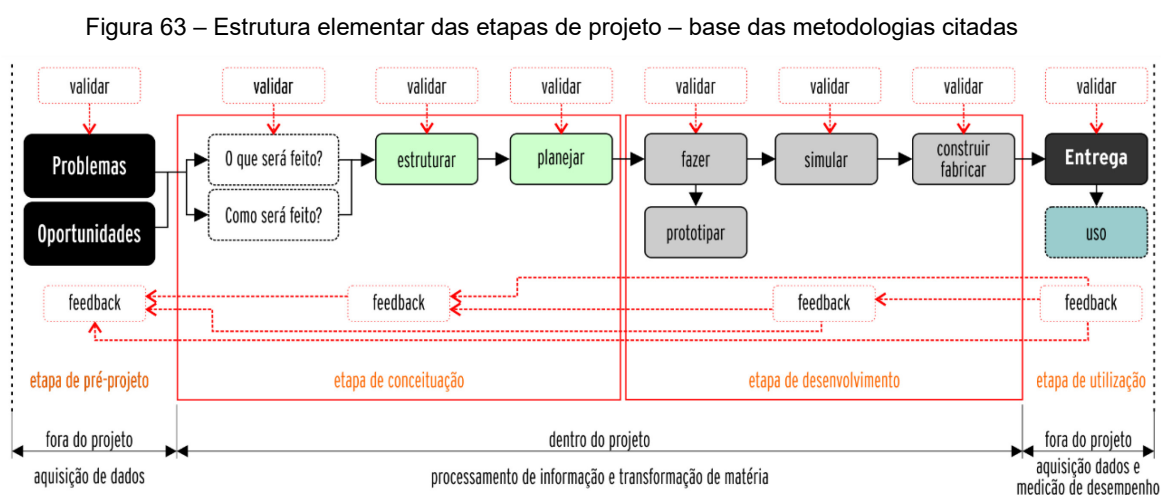
Esse é o principal motivo para uma proposta de reconceituação das práticas projetuais contemporâneas. Portanto, conforme citado, a abordagem proposta por esta pesquisa visa um trabalho de ressignificação (ou de atualização) da forma como a ampla literatura disponível descreve e define o projeto.

Essa reestruturação está relacionada à adesão incondicional ao uso das TDs de auxílio de projeto disponíveis, percebendo-as como o processo interdisciplinar perfeito para uma mudança estratégia na forma de entregar artefatos transdisciplinares válidos e ideais.

Representa também um alinhamento a processos estritamente relacionados a práticas de pensamento computacional que otimizam a compreensão dos papéis dos projetistas quanto à computerização e computação.

11.1 Como as estruturas dos projetos auxiliados por TDs precisam ser vistas hoje

Conforme citado, os processos de divisão em subprojetos com fases menores de desenvolvimento representam forma válida de estruturação dos projetos. A Figura 63 representa essa estrutura:



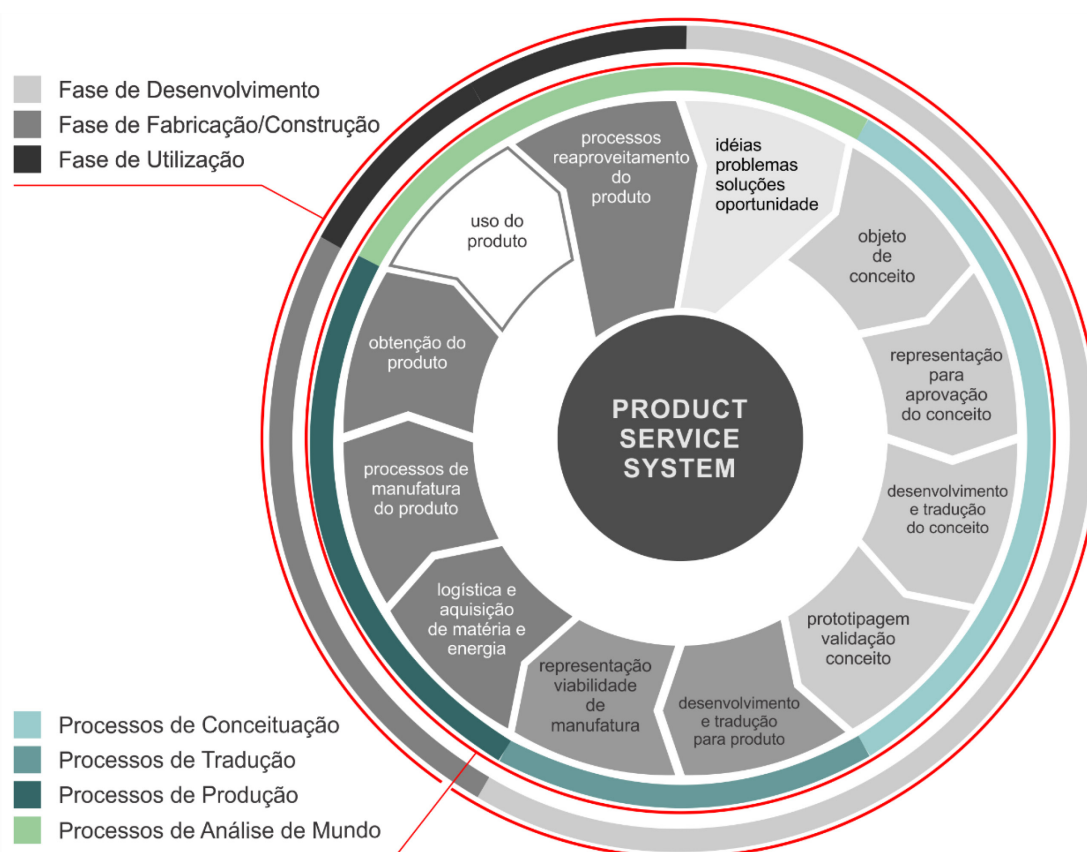
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

A representação sequencial linear das estruturas de projetos é comum a quase todas as metodologias e ferramentas de gestão de projetos válidas e disponíveis.

Porém, para retratar os processos de retroalimentação das informações, o que garante aos projetos a possibilidade de análises circulares com relação à complexidade envolvida, uma representação atualizada para a estrutura básica de projetos foi desenvolvida. A Figura 64 representa essa estrutura. Contudo, para abordar e principalmente representar as relações de uso das TDs na prática projetual contemporânea, serão utilizados nesta pesquisa diagramas lineares. Isso se dá em função da proposição de uma representação por camadas de relacionamentos, que propicia uma visualização sistêmica das classes de tecnologias e suas respectivas atuações nas fases e processos de projeto.

Ou seja, a evolução das TDs de auxílio ao projeto é aqui estruturadas em camadas.

Figura 64 – Estrutura atualizada das fases e processos de projeto



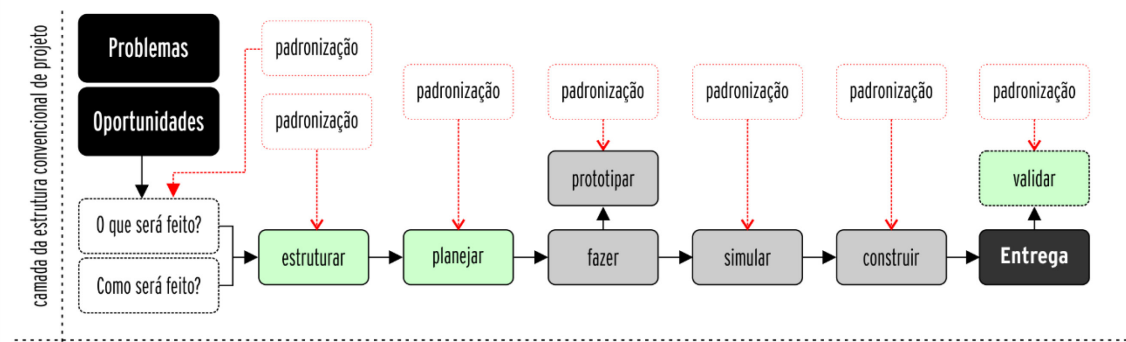
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023, baseado em Gomes e Pereira (2014)

Desde o início dos processos de digitalização das práticas projetuais, no começo dos anos 1960, camadas de tecnologias foram sendo anexadas sempre que avanços de processamento e memória da computação e novos sistemas de *software/hardware* foram criados. São quatro as principais camadas dessa evolução: a) Camada Convencional de Projeto, b) Camada da Tecnologia Digital de Auxílio, c) Camada dos Ciber-físicos e d) Camada dos Modelos de Inteligência Artificial.

11.1.1 - Camada da estrutura convencional de projeto

A camada da estrutura convencional de projeto representa a camada original na qual se davam os projetos antes dos processos de computação e digitalização. É a camada base, normalmente abordada pelas metodologias de gestão de projetos e normas técnicas. A Figura 65 apresenta essa camada.

Figura 65 – Representação da Camada da estrutura convencional de projeto

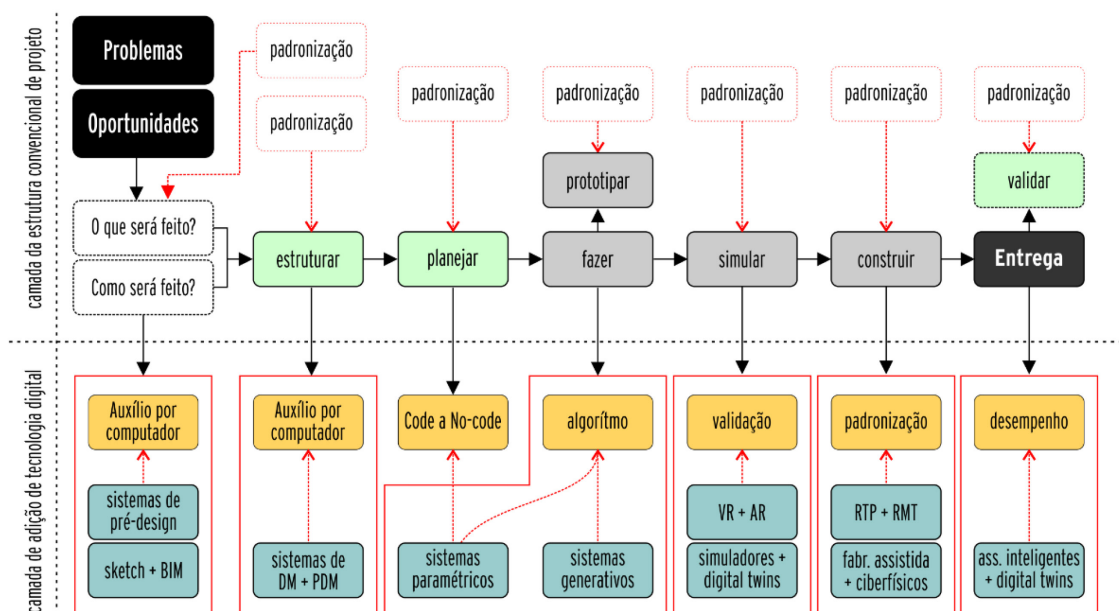


Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

11.1.2 - Camada de adição de tecnologia digital

A camada de edição de tecnologia digital representa a camada da primeira inclusão de TDs efetivas de auxílio de projeto. É a camada base da evolução digital e da virtualização das práticas de projeto onde quase a totalidade das Classes Principais das TDs foram incorporadas. As classes principais foram apresentadas no Tópico 10 - Resultados para o Nível 1 - Critério 01 (Identificação e Datas de disponibilização), na p. 163. A Figura 66 apresenta essa camada.

Figura 66 – Representação do acréscimo da Camada de Adição de tecnologia digital



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Nota-se a evidente participação do auxílio digital em todas as fases da estrutura convencional de um projeto de AED, podendo-se também observar que o diagrama se mostra sistêmico ao abordar todos os estágios. Descrições sucintas das TDs dessa camada são apresentadas no Quadro 32.

Quadro 32 – Descrições das aplicações das classes de tecnologia digital nas práticas projetuais

| Sistemas de tecnologia | Descrições e aplicações |
|---|---|
| Auxílio por computador | Compreende os derivados dos sistemas CAD, cuja classe traz em seu núcleo o LISP, primeira e principal linguagem de programação de pesquisa sobre inteligência artificial. |
| Sistema de Pré-Design | Compreende os sistemas relacionados com geoprocessamento e bioclimática. |
| <i>Sketch Design</i> | compreende os sistemas orientados ao conceito e aos croquis de projeto. |
| <i>Data Mining + Data Product Management</i> | DM + PDM: compreendem os sistemas relacionados com gerenciamento de informação e dados técnicos de projeto. |
| Sistemas paramétricos | Compreende os sistemas relacionados com a automação, desde máquina até sistemas de análise e decisão. |
| Sistemas generativos | Compreende os sistemas relacionados com a geração de soluções por algoritmos com inputs de projetistas. |
| <i>Virtual Reality + Augmented Reality</i> | VR + AR: compreendem os sistemas relacionados com representação e visualização antecipada de projeto. |
| Simuladores | Compreendem todas os sistemas relacionados com testes virtuais antecipados para validação de eficiência, resistência, desempenho e fabricação. |
| <i>Digital Twins</i> | Compreendem os sistemas de duplicação digital para controle antecipado de problemas de desempenho de sistemas. |
| <i>Rapid Prototype and ManufacturingTech.</i> | RTP + RMT: compreendem os sistemas relacionados com processos aditivos, como prototipagem rápida e manufatura rápida. |
| Fabricação Assistida | Compreende os sistemas de suporte a construção e/ou fabricação direta automatizada, incluindo novos materiais e nanotecnologia. |
| Assistentes inteligentes | Compreendem os sistemas de apoio à consulta de dados de construção e/ou fabricação para tomada de decisões (sem as IA de linguagem natural). |
| Desempenho | Compreende os sistemas relacionados aos controles de nDimensões (mais que as 3 dimensões básicas, ou 3D) de projeto. |
| Padronização | Compreende os sistemas de padronização internacional de projeto, como normas, regras de boa prática, selos, certificações etc. |

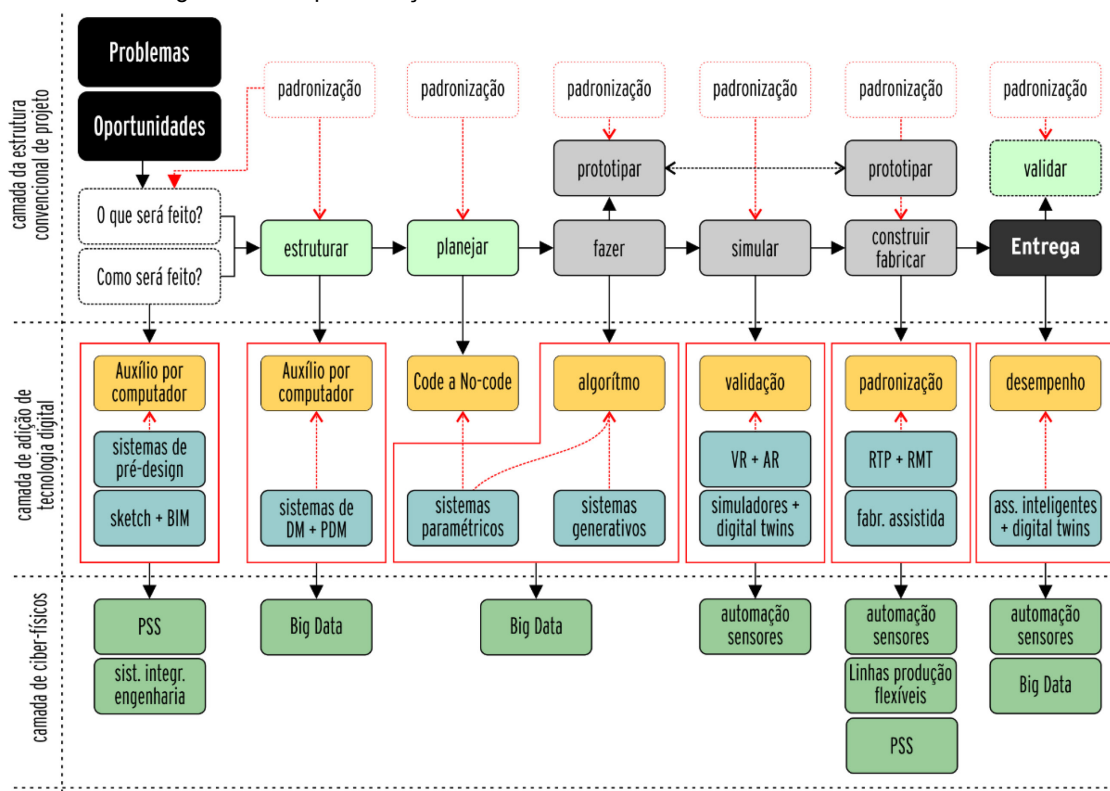
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

11.1.3 - Camada de ciber-físicos

Camada de ciber-físicos é uma adequação de integração digital que também foi desenvolvida ao longo dos anos e é representada pelos sistemas ubíquos de sensores, de registradores e de comunicação.

A Figura 67 apresenta essa camada.

Figura 67 – Representação do acréscimo da Camada de Ciber-físicos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Descrições sucintas dos tipos de Ciber-físicos são apresentadas no Quadro 33:

Quadro 33 – Descrições das aplicações das classes de Ciber-físicos nas práticas projetuais.

| Tipo de Ciber-físico | Descrições |
|---|---|
| PSS Sistemas digitais de produto-serviço | Incorporação de serviços digitais em produtos baseados em plataformas de Internet of Things (IoT), sensores incorporados, processadores e software que permitem novas capacidades de atuação. |
| Sistema Integrado de Engenharia | Integração de sistemas de apoio digital/informático para o intercâmbio de informações no desenvolvimento e fabricação de produtos. |
| <i>Big Data</i> | Compreende a coleta e análise de grandes volumes de dados que são aplicadas em análise preditiva, Mineração de Dados (Data Mining) e análises estatísticas. |
| Automação de Sensores | Sistemas de automação com tecnologia de sensores incorporados para monitorização através da coleta sistematizada de dados. |
| Linha Flexíveis de Produção | Automação digital com sensores em processos de fabricação, permitindo a integração do ambiente industrial. |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Dalenogare et al. (2018) descrevem que essa integração entre informação e fabricação formou os *Cyber-Physical Systems* (CPS), ou Sistemas Ciber-Físicos, nos quais se encontram as principais referências atuais sobre a virtualização, como a

Internet das Coisas, ou *Internet of Things* (IoT), os sistemas de 5G, a Indústria 4.0 etc. O cenário de atuação dos projetos encontra-se totalmente imerso em auxílio digital.

11.1.4 - Camada de associação com os modelos de Inteligência Artificial

Representa a camada de adição dos sistemas especialistas de inteligência artificial, para aqueles que utilizam funcionalidade específica, integráveis, contudo, a outros sistemas especialistas.

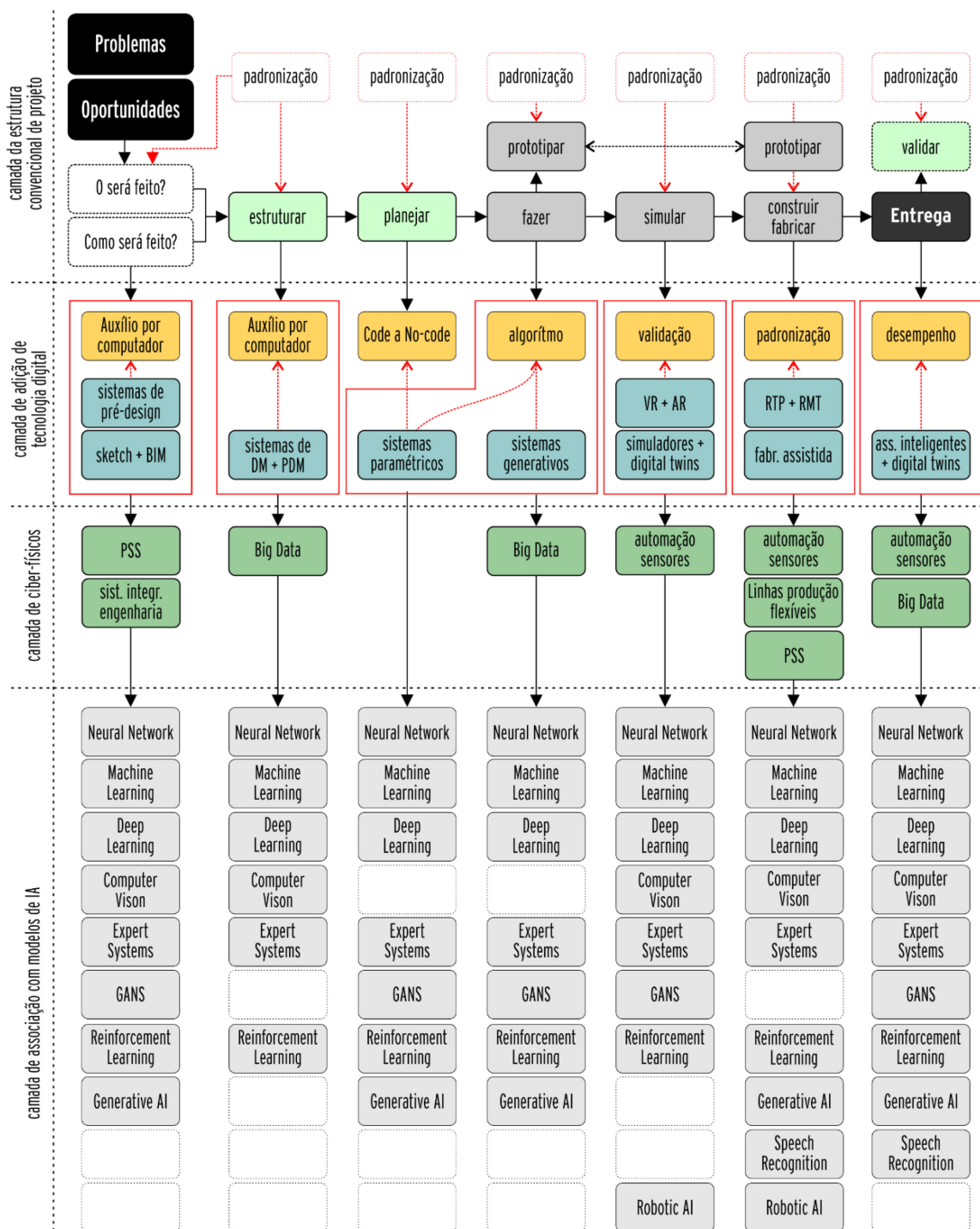
É muito importante compreender a existência das sobreposições das camadas de tecnologia digital, dos ciber-físicos e dos modelos de IA disponíveis para a prática projetual. Para cada uma delas, tem-se definidos algoritmos, sistemas e artefatos. Porém, no tocante às IAs, quase a totalidade desses sistemas utiliza algoritmos que são baseados em Inteligência Artificial Estreita (*Artificial Narrow Intelligence* - ANI). Isso acontece em função da necessidade elementar de aplicações 100% especializadas para o processamento das soluções dos problemas de projeto. Mostra-se também relevante compreender a profundidade da necessidade de expertise e de aprendizado exigidos aos atores de AED para o uso produtivo dessa camada.

O diagrama completo com as quatro camadas apresenta uma das bases para a construção de um *framework* para um novo tipo de estrutura de projeto que será apresentada no próximo Tópico

As descrições para cada uma das inteligências artificiais indicadas no diagrama foram apresentadas especificamente no Quadro 15 - Principais tipos de desenvolvimento das IAs, Tópico 6, a partir do tópico 6.2.1: O universo da inteligência artificial: tipologia e aplicações.

A Figura 68 representa a incorporação dessa camada de inteligências artificiais especializadas.

Figura 68 – Representação do acréscimo da Camada de Inteligência Artificial



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

A estrutura completa das camadas de tecnologias adicionadas representa o presente cenário de atuação dos projetistas com relação às TDs de apoio. O que, de certa forma, define como as práticas projetuais contemporâneas devem se comportar.

Algumas novas características são atribuídas a essa prática:

- Utilização de inúmeros sistemas distintos de TDs, porém interrelacionados e integrados em nuvens de armazenamento e principalmente de processamento;
- Organização em camadas perfeitamente integradas (para algoritmos, serviços, produtos e ferramentas);
- Processamentos baseados, compostos e suportados por sistemas especializados de Inteligência Artificial Estreita, porém atuando de forma interrelacionada a outras IAs sem atribuição de semântica;
- Necessidade de aprendizado e treinamentos específicos para os projetistas de AED, recomendando o aprendizado de códigos e linguagens de programação;
- Exigência de trabalho interdisciplinar integrado por equipes qualificadas.

11.1.5 - Considerações sobre tecnologias de Inteligência Artificial Generativas e de Linguagem natural.

É importante ressaltar a emergente necessidade de cuidados adicionais nas verificações de acuidade técnica e validação para algumas soluções de projeto “criadas” por sistemas de IAs Generativas e de Linguagem Natural.

- No caso de uso de sistemas de IA Generativa nos projetos de AED, existe uma exigência natural de *expertise* do projetista sobre o assunto e/ou problema proposto para uma solução criada pela IA. Isso em função da necessidade de validação de quatro pontos: a) restrições do projeto, b) funcionalidade, c) exequibilidade e d) viabilidade;
- Para toda solução gerada por IA Generativa, deverá sempre existir uma análise criteriosa do entorno daquilo que deverá ser desenvolvido;
- No caso de uso de sistemas de IA baseados em modelos LLM (*Large Language Model*)⁵², recomenda-se que as soluções sejam somente aceitas caso os resultados “criados pelas IAs” sejam utilizados como aplicações de livre criação. Devem ser utilizadas ou processadas em atuações indiretas, como, por exemplo, pré-visualização de um conceito (*renderings*), sem afetar ou influenciar decisões técnicas validadas (por cálculos, simulações, prototipagens, testes etc.).

⁵² De acordo com Yao et al. (2024), Jin et al. (2024) e Nam (2024), um grande modelo de linguagem é aquele com parâmetros massivos que passa por tarefas de pré-treinamento para compreender e processar a linguagem humana, modelando a semântica e as probabilidades do texto contextualizado, a partir de grandes quantidades de dados de texto. Um LLM capaz deve ter quatro características principais: a) compreensão profunda do contexto da linguagem natural, b) capacidade de gerar texto semelhante ao humano, c) consciência contextual, especialmente em domínios intensivos em conhecimento e d) forte capacidade de seguir instruções que sejam úteis para a resolução de problemas e tomada de decisões. Um LLM é, portanto, um simulador de contexto baseado na linguagem humana.

A tecnologia LLM e seus sistemas generativos derivados (para criação de textos, imagens e vídeos) não aparecem e não estão diretamente estruturados dentro das camadas de aplicações de IA no diagrama da Figura 74 (p. 187). Isso porque essas IAs devem ser tratadas como camadas externas, para utilização aplicada nos projetos de AED.

Ainda abordando os sistemas de IA LLM, Raji et al. (2022) chamam a atenção que hoje sua funcionalidade se apresenta excessivamente direcionada para a obtenção da confiança do usuário comum em atividades de criação sem validação (muitos projetos de Design são desvalorizados por esse processo). Esse enquadramento coloca todo o ônus sobre as pessoas (usuários), para que elas simplesmente confiem nos sistemas de IA, e não sobre as instituições criadoras, para que tornem seus modelos de IAs mais confiáveis e sem nenhum viés (*bias*) residual de programação e/ou aprendizado de máquina. Além disso, as IAs são sistemas que podem apresentar limitações de conhecimento em função de ainda estarem em treinamento. Esses são comportamentos que não atendem objetivamente aos projetos de AED.

Existem algumas diretrizes básicas para a utilização específica das IAs Generativas e LLMs em projetos de AED, que consideram as exigências:

- do envolvimento de especialistas humanos no processo de validação.
- de testes e simulações que possam determinar a eficácia e a viabilidade das soluções dadas pela IA LMM utilizada.
- do feedback dos usuários, no contexto histórico, de experiência e expectativas de solução, permitindo identificar novos problemas ou melhorias potenciais.

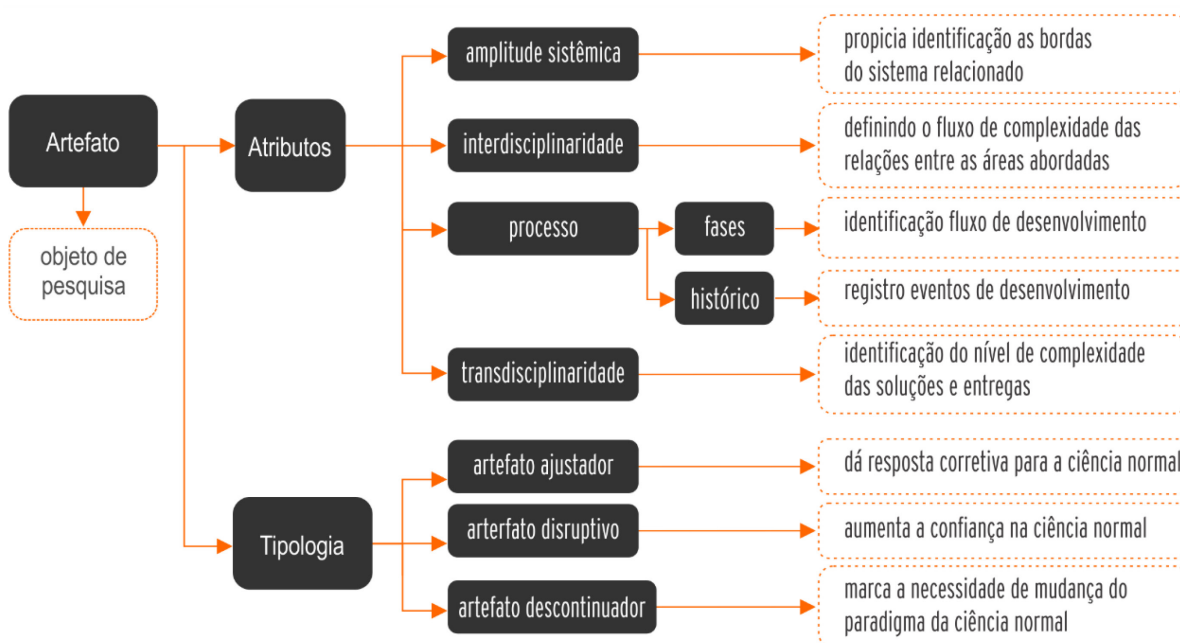
11.2 Considerações sobre o papel dos artefatos nos projetos auxiliados por TDs

Para esta pesquisa, torna-se relevante uma proposta de nivelamento conceitual para o termo artefato a partir da definição de algumas premissas que têm como objetivo, otimizar a relação conceitual entre os artefatos e os projetos. São elas:

- Ao se obter um artefato, uma amplitude sistêmica inerente pode ser identificada e modelada, dando visibilidade às bordas de atuação de um ou projeto (**o entorno complexo**);

- A análise do sistema no qual a obtenção do artefato aconteceu permite identificar as disciplinas atuantes no desenvolvimento, propiciando a compreensão de sua complexidade (**a identificação das bordas do sistema**);
- A análise das relações entre as disciplinas pode propiciar a identificação do fluxo de desenvolvimento da obtenção do artefato. Essa premissa atua também na identificação do caráter interdisciplinar do artefato (**o fluxo**). Essa premissa cria relevante mudança na interpretação do papel da interdisciplinaridade associada não só aos artefatos, mas também ao projeto como um todo.
- Ao se obter um artefato em função de sua finalidade, um histórico de desenvolvimento pode ser identificado (**processo de produção**);
- Ao se obter um artefato, toda a sequência aplicada em seu desenvolvimento pode ser determinada, de forma a permitir uma reprodução controlada desse artefato (**validação final**);
- Em uma pesquisa ou desenvolvimento, pode-se produzir quantos artefatos forem necessários, dependendo somente do objetivo da pesquisa ou da intenção do pesquisador (**validações intermediárias**).

Figura 69 – Os artefatos e as proposições da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

A Figura 69 representa a proposição de reconceituação para o artefato.

11.3 A proposta de Projeto para Futuro Próximo

Durante o desenvolvimento da pesquisa, o termo “projeto” também foi continuamente associado à evolução das tecnologias, às exigências de mudanças de comportamento, ao aumento da complexidade abordada e à crescente tendência da perda de autonomia dos seus atores. Recapitulando, O Quadro 35 apresenta um resumo das propostas parciais antecipadas ao longo da pesquisa, destacando as mais relevantes e de maior importância para a construção de um modelo final.

É importante citar que as proposições apresentadas ao longo desta pesquisa foram planejadas para a criação de um nível de abstração para o projeto, visando a compreensão da oportunidade de otimização de seus processos em função da emergente disponibilidade de TDs.

Quadro 34 – Resumo das propostas parciais antecipadas

| Tópicos | Proposições intermediárias (antecipadas) |
|--------------------|--|
| Projeto | Fazer a abordagem imediata/localizada dos problemas para a apropriação das tecnologias disponíveis, para o desenvolvimento colaborativo e para as soluções de aplicação imediata; |
| | considerar a artificialidade como contexto de ações futuras de projeto, como abordagem sistêmica; |
| | validar sua atuação como um lugar de certeza, com soluções reais, herdadas, criadas e/ou adaptadas; |
| | compreender que os projetos representam a melhor ferramenta para lidar com as transições entre pensamento-realidade, ideia-materialização ou intangível-tangível, instrumentalizando os projetistas para lidar com as não-coisas, os não lugares e as não-pessoas; |
| | compreender as mudanças conceituais e comportamentais relacionadas; |
| | criar uma representação da complexidade sob a qual acontecem as atividades projetuais; |
| Entorno de Projeto | desenvolver uma análise crítica e criteriosa sobre tecnologia digital e identificar as tipologias, classes e arranjos das tecnologias digitais, seu grau de disponibilidade, utilização e impactos causados na sociedade; |
| | considerar o projeto como evento de definição do tamanho do impacto ambiental, sistematizando processos de ecodesign como garantia e alinhar os projetos com foco em territórios específicos, com soluções específicas para problemas localizados; |
| Atores | compreender os papéis dos atores relacionados à AED (os especialistas de projeto e/ou produção) e a apropriação das tecnologias digitais; |
| Sociedade | compreender o cenário no qual o projeto pode atuar como uma força na cultura da sociedade, com potência política e engajamento, envolvendo ética de colaboração e produção distribuída; |
| | compreender que é através dos projetos que se dão as transferências e os transbordamentos das tecnologias digitais para a sociedade; |
| Temporalidade | desenvolver projetos auxiliados por tecnologia digital de forma a se garantir que resultados possam ser aplicáveis em curto espaço de tempo. |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Nesse ponto, cabe uma crítica importante relacionada às atuais metodologias de gestão de projetos e normas que direcionam a forma de tratar os projetos.

Trazendo, como exemplo, a atualização para a sétima edição do PMI-PMBOK, ocorrida em 2021, pode-se observar que estruturalmente poucas alterações foram feitas no corpo conceitual da metodologia. A abordagem ainda se concentra prioritariamente no negócio do projeto, evidenciando a sua efetivação em uma cadeia de desenvolvimento controlada. No PMBoK do PMI (2021), os comentários sobre as atualizações ainda dão destaque a abordagens usadas para obter a ampliação de benefícios no valor dos resultados dos projetos e no crescimento dos gerentes de projeto. Os novos participantes (no uso do PMBoK) se concentram em compreender rapidamente a linguagem profissional e em desenvolver suas habilidades e sua visão de negócios, contribuindo para os objetivos de seus empregadores. Todo o atual avanço das tecnologias digitais é citado em uma frase: “As tecnologias mais antigas chegam ao fim da vida útil na medida em que tecnologias que oferecem capacidades completamente novas evoluem” (PMBoK apud PMI, 2021, p. 8).

A presente pesquisa não questiona essas práticas metodológicas de gerenciamento, principalmente porque elas já foram validadas desde o final dos anos 1960 por inúmeras gestões de projetos bem-sucedidas. Porém, a nova abordagem proposta apresenta um complemento que propõe maior autonomia para os projetos e projetistas, possibilitando uma otimização da prática efetiva de TDs de auxílio, mesmo em projetos fora do circuito de grandes negócios ou de menor tamanho, como, por exemplo, os desenvolvidos em escritórios de arquiteturas e empresas de pequeno e médio porte.

Tal abordagem também se alinha às diretrizes desenvolvidas nos últimos anos para projetos globais de transição, como o *Green Transition*, *Digital Transition*, *Social Transition*. Para o *United Nations Development Programme - UNDP* (2024), o *World Economic Forum - WEF* (2024) e Chacaltana et al. (2024), as transições verde, digital e social são conceitos interligados que impulsionam mudanças transformadoras na sociedade:

- *Green Transition* ou Transição Verde - visa reduzir emissões de gases de efeito estufa e mitigar as mudanças climáticas. Envolve transição para fontes de energia renováveis, práticas agrícolas sustentáveis e gestão eficiente dos recursos;

- Digital Transition ou Transição Digital - representa a integração de TDs em todos os aspectos da sociedade. Inclui automação, inteligência artificial, computação em nuvem e conexão em rede;
- Social Transition ou Transição Social - promove a justiça e a inclusão, reduzindo as desigualdades e fortalecendo as comunidades. Aborda questões como pobreza, discriminação e acesso a serviços essenciais.

As três abordagens, quando analisadas em conjunto, apresentam uma oportunidade para a compreensão da complexidade relacionada e a definição de ações interligadas que se reforçam mutuamente:

- a transição verde cria oportunidades para as inovações digitais, como os sistemas de energia inteligentes e a agricultura de precisão;
- a transição digital facilita a transição verde, permitindo o monitoramento de emissões, a otimização de processos e a educação sobre sustentabilidade;
- a transição social depende da inclusão digital e da igualdade de acesso às tecnologias digitais, sendo efetivada por elas;
- a transição digital facilita a modelagem computacional para se projetar sistemas de energia renováveis eficientes;
- as plataformas de *crowdsourcing* possibilitam o envolvimento das comunidades na tomada de decisões sobre projetos de transição social;
- a inteligência artificial permite acesso e análise de dados para se identificar tendências em sustentabilidade e inclusão social.

Essas possíveis ações integradas resultantes das abordagens sistêmicas nos tratos dos problemas do mundo orientam esta pesquisa que, a partir das proposições parciais antecipadas, define a estruturação do que seria um sistema de projeto para AED denominado **Projeto para Futuro Próximo - PpFP**, ou *Design for Near Future - DfNF*, que se baseia nos seguintes critérios:

- Os projetos exigem pesquisa, desenhos de resultados e obtenção de artefatos tangíveis (incluindo intermediários) para a solução de um problema específico;
- Os projetos devem ser focados em problemas do mundo real com atuação localizada territorialmente e aplicável em períodos curtos do tempo presente;

- Os projetos de futuro próximo devem utilizar tecnologias que propiciem que os resultados obtidos possam ser implementados em tempo hábil de utilização válida para os usuários;
- A apropriação de TDS disponíveis para auxílio de projeto deve ser adotada pelos atores especialistas (pesquisadores, profissionais e técnicos) por toda a cadeia produtiva e divulgada aos atores não especialistas (usuários);
- A identificação das tecnologias de auxílio ao projeto disponíveis deve ser feita e disponibilizada aos atores de projeto;
- A representação (*framework*) de sua complexidade deve ser utilizada como orientação para compreensão das classes, dos tipos, dos níveis, dos arranjos das tecnologias digitais e da necessidade de qualificação para o uso por parte dos atores de projeto;
- A identificação de quais TDs de auxílio ao projeto estão disponíveis deve ser feita e disponibilizada aos atores de projeto.

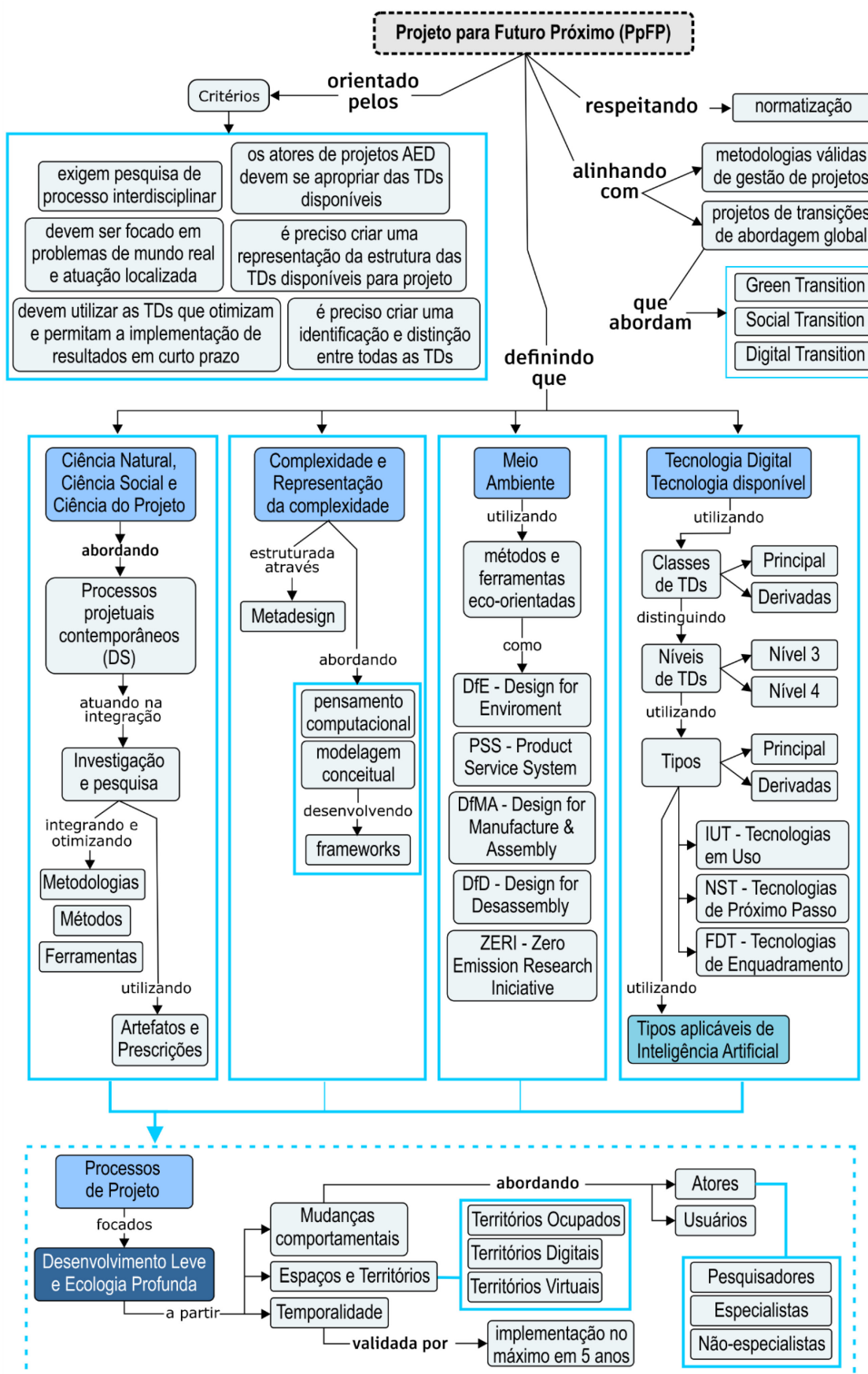
Em nenhum momento, definiu-se que os “projetos de futuro que não são próximos” não devam existir ou serem desenvolvidos. A proposta somente distingue os dois tipos de projeto a partir dos tipos de pesquisadores e projetistas atuantes, das tecnologias disponíveis relacionadas a cada um e da implementação de resultados que deve acontecer em até 5 anos.

A proposta de funcionamento sistêmico para o **PpFP** parte do princípio da atuação em um cenário imerso e integrado por tecnologias acessíveis e pela identificação de um problema com a distinção de um território localizado para a solução. A partir de ações, também integradas, dos atores de projeto, obtém-se uma solução que atende àquele território e que pode ser compartilhada e integrada a outros territórios, evidenciando a criação de uma rede de soluções aplicáveis.

A ideia de atuação localizada não deve ser considerada como um limitador do tamanho e do alcance dos projetos.

Os territórios localizados citados também podem ser digitais. A atuação em rede garante não somente a inclusão virtual desses locais, mas também a identificação da localidade e da distância relacionadas, que representam importantes informações na identificação de graus de impacto obtidos a partir de outros métodos e/ou ferramentas, como, por exemplo, as análises de ciclo de vida.

Figura 70 – Mapa conceitual representando o conceito e a estrutura da proposta de PpFP

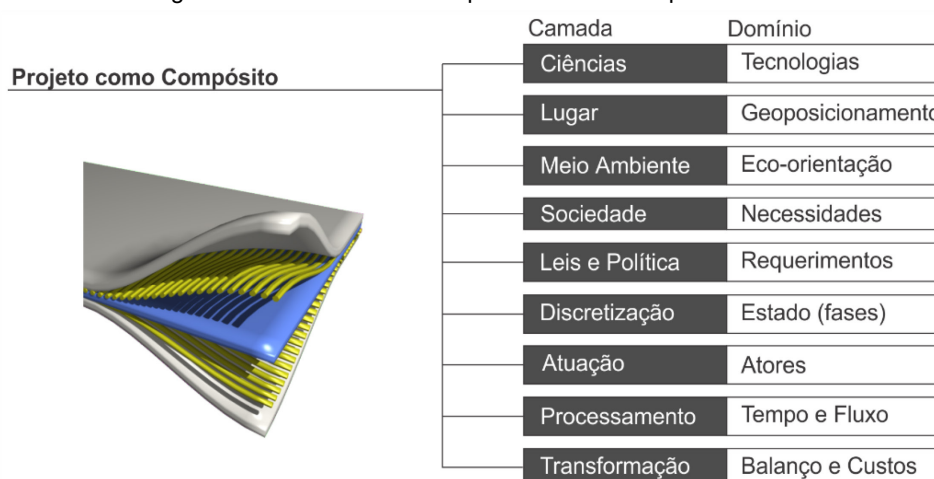


A conceituação e estruturação proposta para o PpFP são representadas na Figura 70.

11.4 O novo conceito da proposta apresentada

O principal aspecto conceitual reside em se criar uma abordagem anterior para os processos de projetos na qual as etapas mais relevantes para a tomada de decisões estratégicas são antecipadas, trazendo o foco dos desenvolvimentos para a construção do Conceito do Projeto muito antes da construção do Escopo do Projeto. Para tal, a estruturação fundamental do processo passa a ser percebida como um compósito no qual camadas de atuação são abordadas e estrategicamente estruturadas de forma a se atender as necessidades imediatas do projeto. A Figura 71 apresenta as camadas propostas.

Figura 71 – As camadas do PpFP como um compósito



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023, baseado em imagem do site oficial da ESA - European Space Agency

A metáfora do compósito funciona como interessante representação da nova estrutura, visto que o compósito envolve a mistura de materiais e compostos de naturezas distintas, formando uma estrutura multifásica que compartilha das propriedades intermediárias para obter um resultado cuja propriedade final é melhor que a soma das propriedades das camadas individuais. A ordem das camadas é relevante na estruturação, pois uma abordagem *top-down* auxilia na análise dos limites do projeto ao percorrer o caminho do sistêmico ao específico. Desde a definição do conceito do projeto, as relações dos desenvolvimentos entre os domínios se dão de maneira classificatória e cumulativa, também criando a cada salto de camada uma base sólida de decisão.

O Quadro 35 apresenta as definições, aplicações e relacionamentos para cada uma das camadas estruturais propostas pelo **PpFP**.

Quadro 35 – Descrição e relacionamentos das camadas do novo projeto.

| Camada | Domínio | Aplicações | Relacionamentos |
|------------------|--------------------------------------|--|--|
| Ciências | Tecnologia | É a camada de integração das investigações e pesquisas científicas e dos desenvolvimentos das tecnologias, com destaque para as TDs. Análise das autorias, proteções intelectuais e ações de comunicação e divulgação científicas possíveis. | Alinhamento científico para solução de problemas, atualização tecnológica, disponibilidade e apropriação de tecnologia de auxílio a projetos. Análises para uso e/ou atualização da herança de projetos anteriores (atualização da base de conhecimento e tecnologia). |
| Lugar | Geo-posicionamento | É a camada de integração das Ciências e tecnologias relacionadas aos espaços de atuação ou territórios onde se dará o projeto. | Alinhamento das tecnologias disponíveis e dos conhecimentos adquiridos para a atuação de projeto em um território usado. |
| Meio Ambiente | Métodos e Ferramentas Eco-orientadas | É a camada de integração do território usado com os componentes externos (entorno) e internos do projeto em ações de menor impacto ambiental. | Alinhamento das características do território para aplicação de métodos e ferramentas eco orientadas às particularidades do projeto. |
| Sociedade | Necessidades | É a camada de alinhamento das escolhas anteriores com os usuários (habitantes) do território onde se dará o projeto. | Alinhamento das necessidades e particularidades do lugar e seus usuários/habitantes, como valorização e cultura. |
| Leis e Políticas | Requerimentos | É a camada de alinhamento com os cuidados legais relacionados ao lugar do projeto, independentemente da escala de organização. | Alinhamento às legislações políticas, sociais, trabalhistas, ambientais, normativas etc. Alinhamento a certificações, selos e boas práticas de projeto e de fabricação/construção/uso. |
| Discretização | Estruturação Planejamento | É a camada de alinhamento às estruturas formais de organização de projeto, como conceitos, fases, prazos, riscos, equipes e entregas. | Alinhamento dos atores de projetos com as necessidades estruturais do projeto. |
| Atuação | Atores Equipes | É a camada de alinhamento das demandas e necessidades de projetos com relação aos atores em toda a cadeia produtiva envolvida. | Alinhamento de demandas, funções, prazos, entregas, considerando fornecedores, recicladores, projetistas, stakeholders e usuários. |
| Processamentos | Fluxo Tempo | É camada de alinhamento de todas as decisões anteriores com a aplicação efetiva dos processos necessários relacionados à solução do problema. | Alinhamento com o desenvolvimento da solução do problema de projeto, como cálculos, modelagens, simulações, especificações, compras, prototipagens etc. |
| Transformação | Balanços Custos | É a camada de alinhamento dos processos de desenvolvimento com os balanços de massa e energia envolvidos no desenvolvimento do projeto. | Alinhamento com o ciclo de vida do projeto e com a antecipação da previsão de impacto ambiental causado. |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

11.4.1 - Considerações sobre a interdisciplinaridade e a transdisciplinaridade na abordagem de projeto desenvolvido com PpFP

A literatura e as metodologias ligadas aos projetos e sua gestão são unânimes em destacar o seu caráter interdisciplinar, o qual é “construído” a partir da participação em total interação das *expertises* das disciplinas para o desenvolvimento de objetos concretos. Esses processos, naturalmente, exigem a extrapolação da *expertise* de cada uma das especializações. Contudo, em função da tendência de convergência, tais objetos são desenvolvidos sem alterar a prática de cada uma delas, representando, no final, um válido sistema colaborativo.

Entretanto, a atuação das TDs de auxílio se dá de forma transversal, acontecendo em um mesmo tecido eletrônico onde partes e processos são extremamente relacionados em função de funcionarem a partir de idênticos “motores” de processamento, armazenamento e comunicação. Em função de seus processos históricos de desenvolvimento (digitalização e virtualização) sustentado pela interdependência-cumulativa, as TDs, naturalmente, transformaram seus cenários de atuação nos projetos a partir de processos combinados e convergentes de uso. Em função dessa transversalidade, torna-se relevante a consideração de que, sob essa ótica, uma proposta de mudança na interpretação do papel da interdisciplinaridade associada aos projetos se torna necessária. Propõe-se que as disciplinas deverão ser compreendidas e abstraídas não mais como *containers* estanques de conhecimento específico e relacionável, mas como partes atuantes de um processo dinâmico e integrador de relações intermediadas por tecnologia digital.

Deve-se considerar que é a partir desse fluxo dinâmico e integrador de um projeto que se obterá como resultado intermediário ou final um artefato ou uma entrega definida aqui com um produto transdisciplinar.

Ou seja, **todo desenvolvimento de projeto poderá ser percebido como um fluxo interdisciplinar de ações de solução de problemas que quando intermediadas por tecnologias digitais, gera como resultado um artefato transdisciplinar.**

É preciso considerar o projeto como a melhor ferramenta para a prática da interdisciplinaridade e compreender que as TDs representam as melhores ferramentas de colaboração entre as disciplinas, pois otimizam ações conjuntas durante os processos de desenvolvimento do projeto.

Entretanto, para os projetistas, isso chama a atenção e reforça a necessidade do aumento de sua qualificação e de sua compreensão de como identificar, escolher e utilizar as ferramentas corretas de forma sistêmica em sua prática. Existem muitos alinhamentos conceituais entre a transdisciplinaridade e o papel das TDs como ferramenta para os processos contemporâneos de projeto. Porém, o lugar de atuação das TDs se dá entre as especializações e nos processos de integração das disciplinas que caracterizam os projetos. Hoje, elas atuam em tempo real e com uma fluidez que definem a interdisciplinaridade como fluxo. Por esse motivo, a estrutura aqui proposta dá destaque às TDs e seu papel transversal atuante nas três primeiras camadas usadas na metáfora do compósito: **Ciência, Lugar e Meio Ambiente**. Isso prioriza as identificações e as definições sobre quais são as TDs que serão utilizadas ao longo do desenvolvimento do projeto.

Tal definição torna essa proposta da **PpFP** aderente a qualquer uma das metodologias de planejamento e gestão de projeto existentes, permitindo-se herdar toda a *expertise* adquirida anteriormente com seus usos. Contudo, a diferenciação se dá por uma abordagem que prioriza a construção inicial de um conceito otimizado, focado em tecnologia, território e menor impacto ambiental, o que ressignifica o papel do escopo de projeto, o principal requerimento das metodologias de gestão.

11.4.2 - Considerações sobre a complexidade sistêmica envolvida na abordagem dos projetos desenvolvidos com PpFP

De acordo com Berkun (2005), Shore e Carfora (2010), Hermanrij (2016), Dittmann et al. (2021), PMI (2021), Marion e Richardson (2022), Catling (2021) e Hinde (2021), os objetivos pelos quais os projetos se iniciam possuem uma tipologia relacionada.

Os objetivos Aplicado, Orientado e Normativo (com áreas destacadas em azul) indicam os tipos de projetos diretamente relacionados aos desenvolvimentos de AED, demonstrando o alto grau de complexidade envolvida em suas práticas. Não obstante, é preciso considerar que, independentemente do tipo de projeto que será desenvolvido, sempre existirá o peso do tipo Normativo atuando, o que praticamente transforma todos os projetos em normas éticas prescritivas-normativas, dadas as necessidades de acerto e correção em todas as transações e relacionamentos abordados.

Esse fenômeno se evidencia no trato de toda a informação circulante entre os projetos, desde as estratégias do conceito até as informações da entrega final e do desempenho do uso. O Quadro 36 apresenta esses tipos.

Quadro 36 – Tipos de objetivos de projetos.

| Tipo de Objetivo | Tipo de Projeto | Descrição |
|-------------------------|------------------------|--|
| Reflexivo | Teórico | Explora conceitos e teorias existentes, examina relacionamentos entre ideias, baseia-se em pesquisas e literatura e desenvolve novos entendimentos ou perspectivas. |
| | Conceitual | Cria ou define novos conceitos explorando as implicações e aplicações, envolvendo a integração de várias teorias ou disciplinas e visa contribuir para o conhecimento e compreensão geral. |
| Aplicado | Preditivo | Concentra-se na previsão de resultados futuros, utiliza dados e métodos estatísticos, identifica padrões e tendências e busca previsões precisas. |
| | Inovativo | Cria ou implementa novas soluções, envolvendo pesquisa e desenvolvimento, avanços tecnológicos ou abordagens criativas para desenvolver produtos, serviços ou processos novos e aprimorados. |
| | Pragmático | Utiliza métodos e técnicas válidos, soluções eficientes e eficazes, abordando desafios específicos e centrado na resolução de problemas práticos. |
| Orientado | Fim Teórico | Busca avançar o conhecimento e a compreensão, com foco em pesquisa e exploração, podendo não ter aplicações práticas imediatas. |
| | Fim Prático | Busca resolver problemas ou necessidades específicas, com foco em resultados tangíveis, envolve aplicação de conhecimento e habilidades e objetiva criar impacto direto no mundo real. |
| | Eclético | Combina elementos de projetos teóricos e práticos, explora questões teóricas enquanto busca aplicações práticas com objetivo de equilibrar avanço do conhecimento com impacto prático. |
| Normativo | Prescritivo | Estabelece regras, padrões ou diretrizes, fornece orientações claras sobre o que deve ser feito, busca garantir conformidade e consistência e objetiva regular o comportamento ou as práticas. |
| | Estético | Envolve julgamentos subjetivos sobre o que é considerado agradável ou esteticamente valioso, busca criar experiências e melhorar a qualidade estética. |
| | Ético | Explora questões de certo e errado, bem e mal, buscando promover comportamentos e decisões éticas relacionados a princípios morais e valores. |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Sob essa perspectiva, o trato das informações de projeto exige abordagem sistêmica em função da grande quantidade de elementos interrelacionados ao ciclo de vida do projeto e às abordagens de menor impacto ambiental. Muitos cuidados são exigidos, mas aqui se destacam aqueles relacionados às etapas iniciais nas quais se desenvolvem os conceitos, isto é, quando o projeto ainda está situado fora da área de atuação das metodologias de gestão.

Esses cuidados se relacionam a processos informacionais complexos que emergem da necessidade de uma adequação das ações atribuídas aos conceitos e estruturas, que, de acordo com esta pesquisa, atuam como:

- uma exigência de Compatibilidade: No tocante ao **conceito dos projetos**, a compatibilidade representa os esforços para se manter a estabilidade entre as transições das teorias para o conceito específico desenvolvido, ou seja, os cuidados na migração integrada dos saberes entre os conhecimentos das disciplinas para o corpo do conceito de projeto (aquele que será aplicado).
No tocante à **estrutura dos projetos**, a compatibilidade representa os esforços para se manter a estabilidade e a consistência entre todas as partes envolvidas, do topo à base da estrutura, ou seja, otimizar a definição e o detalhamento de cada parte, estabelecendo caminhos corretos de comunicação com garantias de inteligibilidade para todos os níveis de envolvimento;
- uma exigência de Incompatibilidade: No tocante ao **conceito dos projetos**, o tratamento da incompatibilidade representa os esforços para se criar a estabilidade entre os conceitos relacionados à Natureza e à Cultura, ou seja, desenvolver extrapolações a partir de conceitos e leis naturais válidos para o meio ambiente e para o social. Um exemplo disso está na forma como o conceito de sustentabilidade é vivenciado socialmente na atualidade, em que destruições do meio ambiente se tornam anônimas através de ações e situações que são econômica e tecnicamente fundamentadas e que acabam se transformando em uma cultura de negócios (na maioria das vezes, não muito alinhada ao menor impacto e bem-estar social).

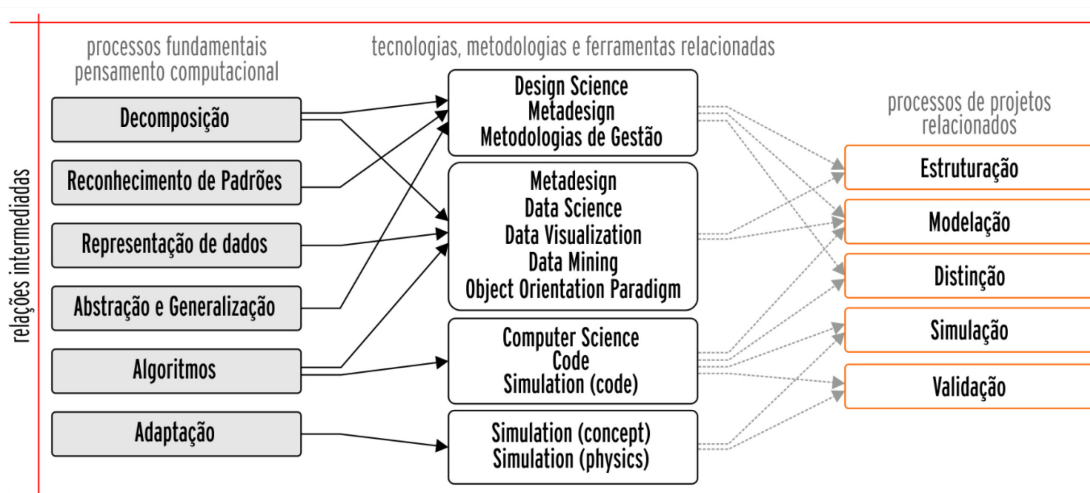
11.5 O alinhamento da proposta Projeto de Futuro Próximo e as TDs disponíveis para o auxílio ao projeto

Ao se relacionar o projeto com as TDs de auxílio, constrói-se imediatamente uma imagem mental sobre *softwares* e dispositivos voltados para tais práticas. Mas, conforme citado anteriormente, a definição das TDs baseada em *software* e *hardware* se mostra desatualizada, pois o avanço destas tornou cada vez mais tênue essa distinção original. A tendência a um funcionamento mais dinâmico, como fluxo, propiciado pelas TDs, também representa um fator de mudança na forma contemporânea dos processos de projeto, nos quais especialistas, atuando em conjunto e em fluxo, têm a seu favor as performances otimizadas e integradas dos

sistemas. Mesmo quando se considera um deslocamento maior da autonomia do poder de decisão de projeto, em função de automações e inteligência artificial, as principais áreas de atuação demandam uma participação humana mais efetiva, mesmo que seja em processos de aprendizado de máquina. Outros tópicos relacionados apresentados anteriormente, como métodos e ferramentas relacionados à digitalização e virtualização dos projetos, são agora indicados como válidos para a atuação em projetos mediados por TD. São eles: a) método Design Science, b) método *Metadesign*, c) Métodos e ferramentas de Gestão de Projetos existentes, d) *Data Science* e ferramentas de *Data Visualization* e *Data Mining*, e) modelos de Orientação a Objetos, f) ferramentas de Simulação e g) processos de Pensamento Computacional.

A Figura 72 apresenta essa proposta.

Figura 72 – Relações intermediadas entre pensamento computacional e projeto.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Cabe ressaltar que, conforme descrito, o pensamento computacional é considerado como uma habilidade cognitiva envolvendo aplicação de técnicas computacionais e princípios de algoritmo para resolver problemas complexos (processos computacionais se aproximam de processos projetuais formais).

Em resumo, todo o processo desenvolvido neste Tópico traz a compreensão da possibilidade de desenvolvimento da nova estruturação de projeto, atendendo os seguintes requisitos:

- Promover a utilização de métodos e ferramentas relacionados ao desenvolvimento computacional, propiciando aos atores de AED a compreensão sobre como são desenvolvidas as TDs de auxílio;
- Ser alinhado às metodologias e normas atuais relacionadas ao desenvolvimento e gestão de projetos, o que propicia aos atores de AED herdarem toda a base de conhecimento relacionada;
- Identificar as TDs de auxílio que atuam na intermediação dos processos, o que propicia aos atores de AED a habilidade cumulativa das transições de uso relacionadas às evoluções das TDs;
- Permitir a construção de um framework representativo do cenário contemporâneo das transições de tecnologias e exigências de mudanças, propiciando aos atores de AED a apropriação das TDs por meio de mudanças de comportamento menos drásticas.

12 A proposição de uma estrutura de spin-off que interessa aos projetos atuais.

Conforme abordado no Tópico 7, e de acordo com Davies (1994), Pirró e Longo (2007), Barbaroux (2019) e Acosta et al. (2020), um *spin-off* de tecnologia representa um dos processos de disponibilização de tecnologia militar para aplicações comerciais. A esta pesquisa, interessa a análise e o mapeamento desse modelo de disponibilização quando relacionados às TDs de uso dual, isto é, compreender o cenário de desenvolvimento e as transferências de tecnologia. A análise segue a seguinte proposição:

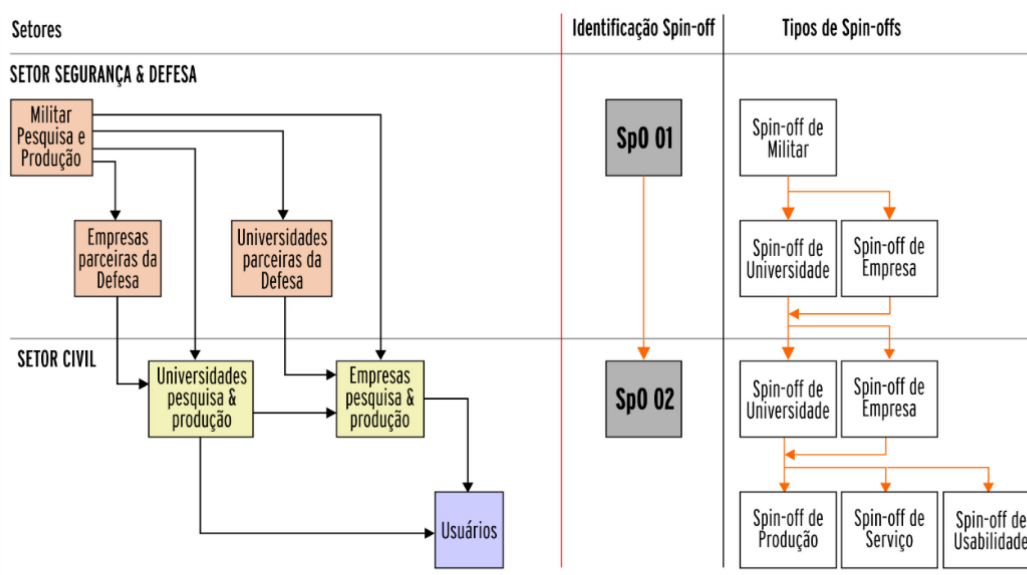
- O setor de Segurança & Defesa é o principal responsável pela tomada de decisão das necessidades e da existência dos desenvolvimentos de tecnologias digitais duais. Ou seja, o ***Spin-off de Tecnologia Militar (Military Spin-off)*** representa a primeira mudança de estado ou transferência de tecnologia no fluxo de desenvolvimento. É a partir desse nível que toda a estrutura de controle sobre a propriedade de uma nova tecnologia contemporânea é definida.

Conforme apresentada anteriormente, a proposta de taxonomia de Te Kulve e Wim (2003), representada pela Figura 41, no Tópico 7, p. 138, representa somente as duas instâncias principais desse processo de desenvolvimento de tecnologias duais: a) o **setor Civil** e o b) **setor de S&D**. A abordagem desses autores priorizou a ação civil em detrimento da Segurança & Defesa, colocando-a na posição de nível mais alto. Isso se deu em função de o foco da pesquisa de Te Kulve e Wim abordar o potencial de transformação de uso militar a partir do desenvolvimento civil. Também é importante citar que a representação da estrutura de Te Kulve e Wim, ao analisar somente dois níveis (*Civilian Technology* e *Military Technology*), apresenta uma representação de baixa resolução.

Para esta pesquisa, a análise se deu através da abordagem do poder de decisão que o setor de S&D tem sobre o início de novos desenvolvimentos de tecnologias duais, o que exige uma redefinição da posição hierárquica dos atores principais desse processo. A Figura 73 representa a estrutura base proposta para um novo mapeamento da estrutura de transferência, colocando o Setor de S&D no nível mais alto, bem como ampliando a resolução de modelagem, atualizando o modelo da

estrutura primária para a compreensão do ciclo contemporâneo dos desenvolvimentos de tecnologias digitais.

Figura 73 – Mapeamento da estrutura atual de desenvolvimento de tecnologia dual e spin-offs relacionados em ordenação hierárquica do setor S&D para o setor civil



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Inverter as instâncias e ampliar a resolução de observação permite uma redefinição da estrutura de disponibilização de TDs a partir da observação de um processo *Top-Down*, adotando um número maior de níveis de transição, ampliando consequentemente a identificação de um maior número de atores no processo.

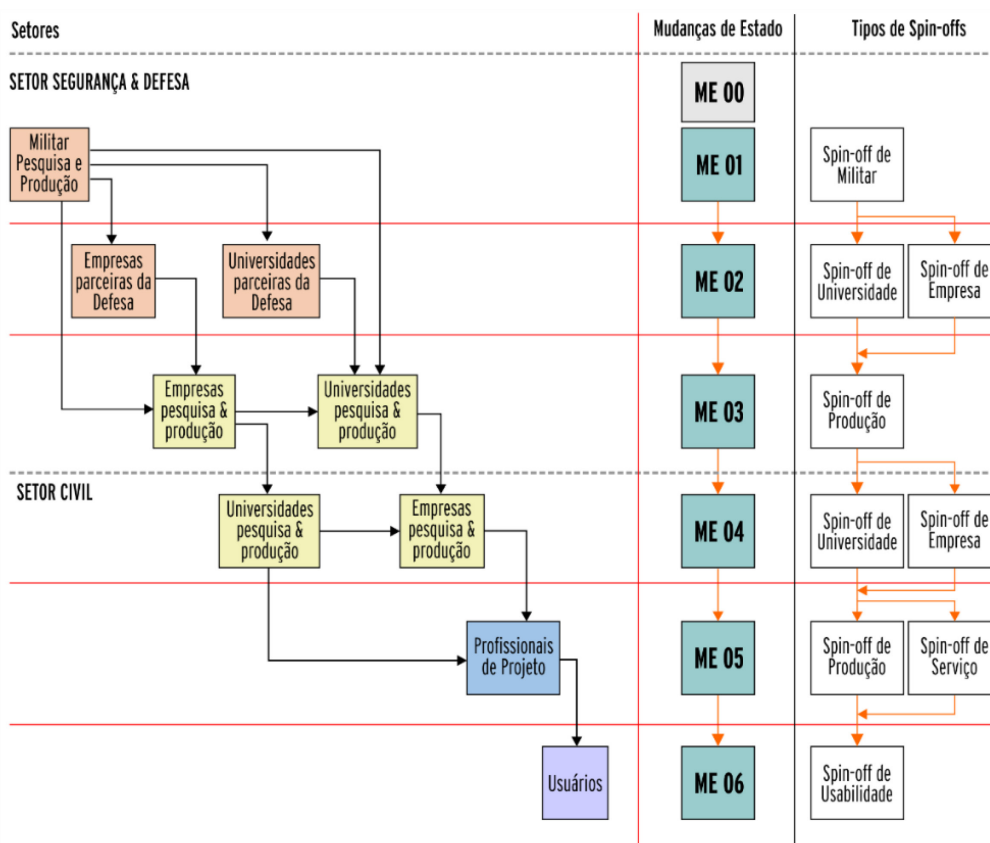
12.1 Apresentando a estrutura de Spin-off proposta.

A estruturação proposta é organizada em seis níveis de Mudança de Estado (ME), o que propicia a compreensão da estrutura de controle das transferências dos resultados e conhecimentos adquiridos nos desenvolvimentos.

Outros tipos de Spin-offs também são abordados.

Considerando Davies (1994), Te Kulve e Wim (2003), Guichard (2004), Pirró e Longo (2007), Liu et al. (2010), Rath et al. (2014), Gruszczak e Frankowski, (2018), Barbaroux (2019) e Acosta et al. (2020), a estruturação proposta é apresentada na Figura 74.

Figura 74 – Representação do mapeamento com maior resolução proposta pela pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

O Quadro 37 apresenta as descrições dos níveis propostos:

Quadro 37 – Descrições das Mudanças de Estados nas transferências de TDs

| Mudança de Estado | Identificação | Descrição |
|-------------------|------------------------------------|--|
| ME00 | [início do processo] | Definido pela decisão estratégica altamente classificada pelos militares, representando o ponto de partida dos desenvolvimentos de TM. |
| ME01 | Spin-off Militar | Definido pela passagem das informações estratégicas altamente classificadas para empresas e/ou universidades classificadas, contratadas diretamente pelo setor de defesa para o desenvolvimento de uma TM. |
| ME02 | Spin-off de Desenvolvimento | Definido pela passagem de informações estratégicas classificadas desenvolvidas pelas empresas e/ou universidades atuantes na camada de ME01, de forma distribuída para outras empresas e/ou universidades selecionadas e contratadas para investigação, produção e teste de partes específicas da TM em desenvolvimento. |
| ME03 | Spin-off de Produção | Definido pela passagem de informações estratégicas classificadas para fornecedores contratados, com foco em produção dos sistemas desenvolvidos. Ainda podem existir investigações e desenvolvimentos relacionados acontecendo em paralelo nas empresas e/ou universidades selecionadas e contratadas para a camada de ME02. |

| | | |
|------|---|--|
| ME04 | Spin-off de Pesquisa e Produção | Definido pela passagem de informações de projetos ou sistemas/serviços resultantes dos desenvolvimentos para empresas e/ou universidades do setor civil. Nessa camada, acontece o “aproveitamento” das tecnologias duais que são utilizadas em pesquisas acadêmicas, empresas de projeto, empresas de produção, projetos de inovação, educação etc. As tecnologias duais desenvolvidas são comercializadas nessa camada. |
| ME05 | Spin-off de Produção e Serviço | Definido pela utilização e aplicação prática das tecnologias digitais, duais ou não, pelos projetistas - atores especialistas de AED. As tecnologias duais são comercializadas e utilizadas nessa camada. |
| ME06 | Spin-off de Usabilidade [fim do processo] | Definido pela utilização das tecnologias digitais, duais ou não, disponíveis pelos usuários - atores não especialistas na sociedade. As tecnologias duais são comercializadas e utilizadas nessa camada. |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

12.2 Os atores na estrutura de transferências e a movimentação entre os níveis

De forma sistêmica, foram identificados grupos de atores que atuam nas transições não definidos a partir de uma forma estática de atuação, mas prevendo a possibilidade de mobilidade entre os seis níveis da estrutura.

Quadro 38 – Grupo de atores relacionados às mudanças de estados e as movimentações entre os níveis propostos

| Grupo de atores associados | Descrição |
|----------------------------|--|
| ME03 e ME04 | Atuam de forma transitória entre essas duas faixas. São representados pelas empresas e universidades que fazem pesquisas aplicadas, produzem ou licenciam a produção de forma contratada ou acordada em projetos conjuntos. Possuem essas posições na estrutura definidas somente em função da intenção pela qual o desenvolvimento foi iniciado. Representam a atuação na passagem do nível do setor controlado pela segurança & defesa para o nível de atuação civil, ou seja, define que a tecnologia é dual. |
| ME04 e ME05 | São representadas prioritariamente pelos desenvolvimentos de cunho científico com pesquisadores e profissionais qualificados nas universidades (ME04) e empresas e profissionais que se alinham a esse grau de especialização (ME05). Representam a característica relacionada aos projetos em análise nesta pesquisa. |
| ME05 e ME06 | As transições entre os níveis ME05 e ME06 são realizadas pelos profissionais de projetos atuantes no mercado, especialistas ou não-especialistas, que possuem acesso a tecnologias digitais, tanto para auxílio do projeto quanto para a produção. Tecnologias também podem ser desenvolvidas nessas camadas. |
| ME06 | No nível ME06, encontram-se os usuários comuns, passivos ao uso das tecnologias digitais disponíveis. É nesse nível que as tecnologias duais são testadas e validadas, tanto para os conceitos definidos para uso civil quanto para os processos de produção e comercialização na sociedade. |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

É importante que se faça distinções entre os tipos de atores envolvidos, principalmente quando se aborda as práticas projetuais. Deve-se observar que, no tocante ao grau de *expertise* e conhecimento, “movimentações de aprendizagem” são exigidas aos atores. Sempre existe a necessidade de atualização do conhecimento técnico e tecnológico para a utilização de tecnologias de níveis distintos.

Figura 75 – Identificação dos atores – especialistas ou não -especialista, atuantes em cada nível de transição.

| Mudanças de Estado | Tipos de Spin-offs | | Atores | | | | | |
|--------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| ME 01 | Spin-off de Militar | | Militares | Pesquisadores classificados | Empresários classificados | | | |
| ME 02 | Spin-off de Universidade | Spin-off de Empresa | Pesquisadores classificados | Empresários classificados | Pesquisadores contratados | Empresários contratados | Produtores contratados | Professores Pesquisadores |
| ME 03 | Spin-off de Produção | | Empresários Pesquisadores | Pesquisadores contratados | Empresários contratados | Produtores contratados | | |
| ME 04 | Spin-off de Universidade | Spin-off de Empresa | Pesquisadores contratados | Professores Pesquisadores | Estudantes Pesquisadores | Empresários Pesquisadores | Projetistas Pesquisadores | Projetistas Profissionais |
| ME 05 | Spin-off de Produção | Spin-off de Serviço | Empresários Pesquisadores | Pesquisadores contratados | Professores Pesquisadores | Estudantes Pesquisadores | Projetistas Pesquisadores | Projetistas Profissionais |
| ME 06 | Spin-off de Usabilidade | | Professores Pesquisadores | Estudantes Pesquisadores | Projetistas Informais | Profissionais Pesquisadores | Usuários Pesquisadores | Usuários |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

A Figura 75 apresenta a proposta de identificação de atores.

Nesta pesquisa, os principais atores abordados são os especialistas da AED, mas também se considera o papel dos não-especialistas como de significativa importância. Os atores interagem com os sistemas assumindo papéis de investigadores, pesquisadores e desenvolvedores, mas também assumem outros papéis, como modelador (observador), operador ou usuário, diferenciados sempre em função do objetivo de sua atuação, de sua *expertise*, do seu poder de decisão e qualificação (Gomes; Pereira, 2014). A distinção entre especialista e não-especialista é estratégica e tem por objetivo a identificação do papel do ator não-especialista nos processos contemporâneos de utilização das TDs e seu comportamento no contexto de uma nova sociedade. Rapp (1970) define que o não-especialista se refere ao indivíduo não oficialmente declarado como tal por processos formais de ensino (graduação e pós-graduação); são aqueles cujo conhecimento se deu por valorização, isto é, treinamentos específicos de trabalho, experiências na indústria e no mercado obtidas por tradição,

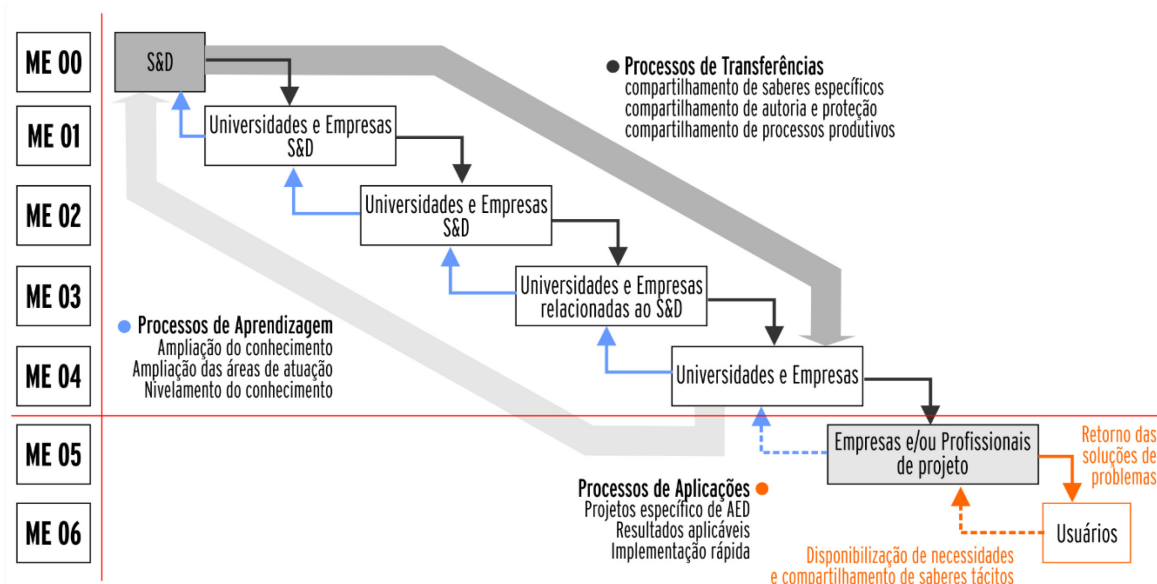
vivência e/ou cultura, de modo formal ou informal. O reconhecimento de sua participação se dá por sua importância como ator representante do conhecimento dos processos culturais de seu entorno (seu território) em detrimento de modelos globalizantes propostos pela adoção de novas TDs. **Cada vez mais, mostra-se relevante inserir as dimensões pessoais, coletivas, comunitárias, dinâmicas e sistêmicas das relações entre cultura e tecnologia disponível.** Principalmente, quando se aborda a proposta para uma nova forma de prática projetual.

Vale também destacar que, mesmo quando organizados em equipes de projetos dentro de universidades, empresas, organizações ou instituições de Estado, é a atuação dos atores relacionada à expertise da área que representa o principal fator para uma possível mobilidade ou movimentação entre os níveis da estrutura de disponibilização proposta. Em muitos casos, esse processo define uma identificação imediata da *expertise* necessária ao ator (ou equipe) para a utilização (ou apropriação) de determinada tecnologia que atenderá uma demanda de projeto. **É o grau de especialização do ator que representa o seu principal fator de mobilidade.** Para cada um dos níveis definidos na estrutura, exige-se dos atores um grau diferenciado de *expertise* para a atuação nos desenvolvimentos. Conseqüentemente, exige-se um aprendizado ou uma atualização de uso para uma determinada tecnologia. **Para cada movimento descendente (*spin-off*) da transferência da tecnologia, um movimento ascendente contrário (*spin-in*) relacionado ao nivelamento do conhecimento é exigido dos atores, independentemente do tipo de organização onde se aloca e o grau tecnológico que domina ou está apto a desenvolver.** Torna-se importante compreender quando e como se adequar para a posse de uma nova TD.

Como exemplo, pode-se citar que para o ator que se dedique à utilização das Inteligências Artificiais Generativas será exigido o aprendizado de código e/ou linguagens de programação (mesmo não sendo uma exigência ou pré-requisito), pois isso o posicionaria em um outro “nível” (literalmente) de produtividade.

Algumas novas disciplinas associadas a essa proposta, como a *Prompt Design*⁵³, surgem em função dessa característica associada à disponibilização de TDs. A Figura 76 apresenta essas relações.

Figura 76 – Tipos de projetos e ações de entrega nas camadas de atuação de projetos AED



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Observa-se que duas áreas distintas de atuação são definidas, delimitadas pela transição dos níveis ME04 e ME05, sendo que acima dessa linha está a área relacionada especificamente aos projetos de desenvolvimento e evolução das TDs, e abaixo dela está a área relacionada à aplicação prática das TDs disponíveis.

Também, mostra-se necessário observar que essa estruturação em níveis relacionada à transferência de conhecimento dos desenvolvimentos das tecnologias se refere a um cenário de interdisciplinaridade plena que cria intercessão que aproxima cada vez mais os profissionais de projetos aplicados aos profissionais de pesquisas científicas.

Isso define um domínio de aplicação de projetos de AED, como tradução e interligação de desenvolvimento e disponibilidade das TDs para aplicação prática direcionada a

53 Liu et al. (2023), Luo et al. (2014), Gu et al. (2023) e Sahoo et al. (2024) definem que Design de Prompt ou Engenharia de Prompt representam o mecanismo responsável por criar e refinar os textos de comando ou licitações nos modelos de IA Generativa baseada em grandes modelos de textos (LLM) para obter resultados específicos. É uma técnica que envolve um grande modelo pré-treinado com indicações específicas para adaptá-lo a novas tarefas, podendo ser criadas manualmente como instruções em linguagem natural ou geradas automaticamente por instruções e representações vetoriais. O trabalho do designer ou engenheiro de *prompt* é otimizar a linha de comando para obter resultados melhores de acordo com os objetivos do usuário. É uma área relativamente nova, mas tem ganhado cada vez mais atenção à medida que os modelos de IA generativa se tornam mais poderosos.

projetos localizados para aplicações de resultados em curto espaço de tempo. Duas áreas de atuação são descritas a seguir:

- A área da prática dos atores de projetos AED auxiliados por TDs representa a instância da ação do domínio e limite das especializações dos projetistas. A relação principal é o uso direto de classes de tecnologias disponíveis como suporte para as decisões de projeto. Essa é a instância que exige do projetista uma capacitação para uso efetivo de TD de auxílio que otimize a aplicação de sua *expertise* nos processos de projeto.

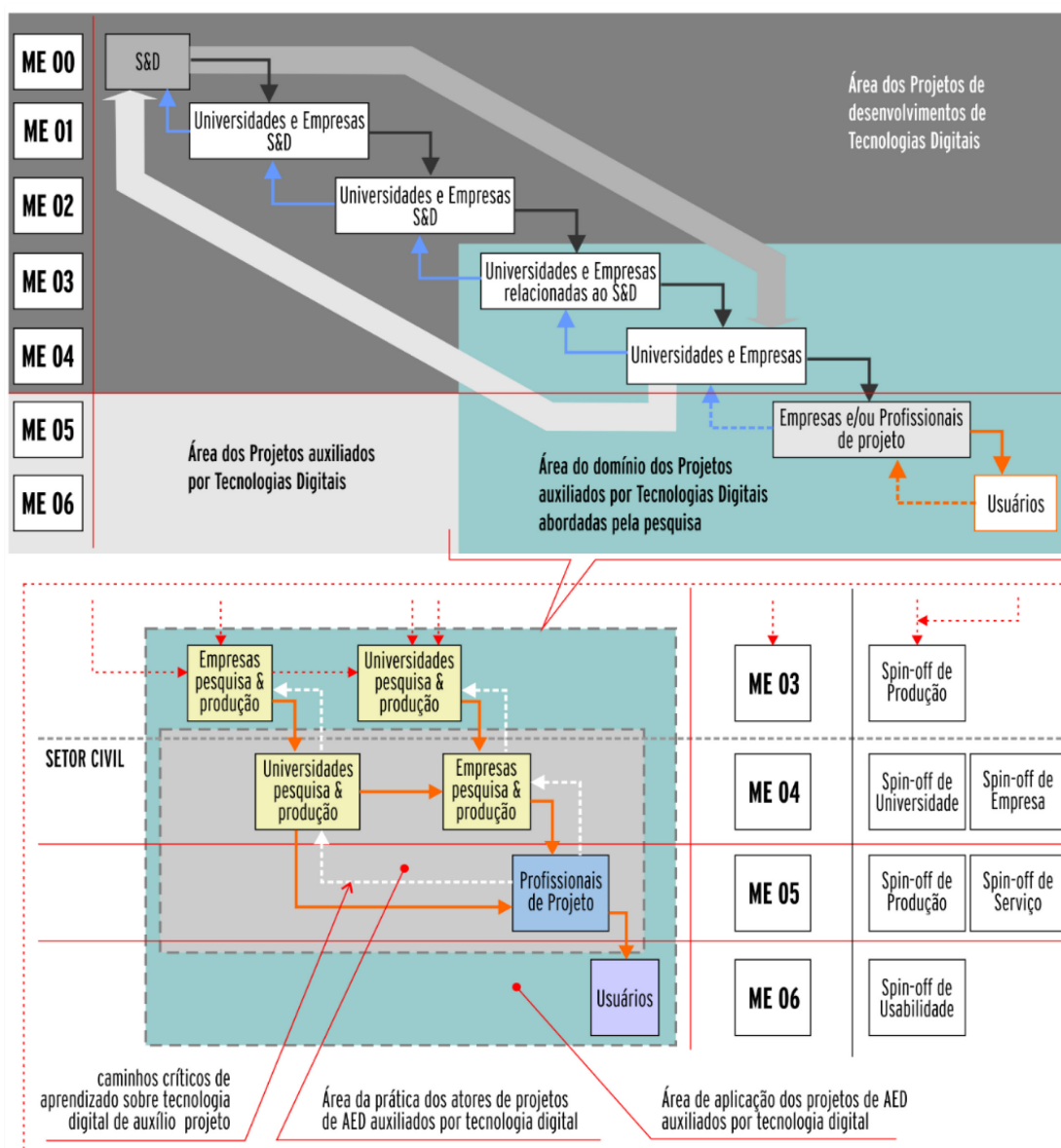
Um exemplo disso seria a utilização de modelagem de informação como regra primordial de aprendizagem para uso efetivo das tecnologias da classe BIM para os projetistas de ambientes construídos e edificações;

- A área de aplicação dos projetos de AED auxiliados por TDs é mais abrangente, representando a instância da ação sistêmica de análise do **entorno** para todos os problemas de projeto. Essa é a instância de observação e abstração do mundo real para adequação das soluções que serão desenvolvidas.

Um exemplo disso seria o uso de tecnologias relacionadas aos processamentos geoclimáticos, tecnologias de aquisição de dados de ambiente e sistemas de conversão para modelos de informação como prática essencial para os projetistas de ambientes construídos e edificações. Metodologias de eco-orientação e serviços para abordagem social e participação dos usuários também representam outras abordagens necessárias para atuação de projeto.

A Figura 77 apresenta as áreas de atuação e o domínio citados.

Figura 77 – Distinção das áreas de atuação dos projetos.



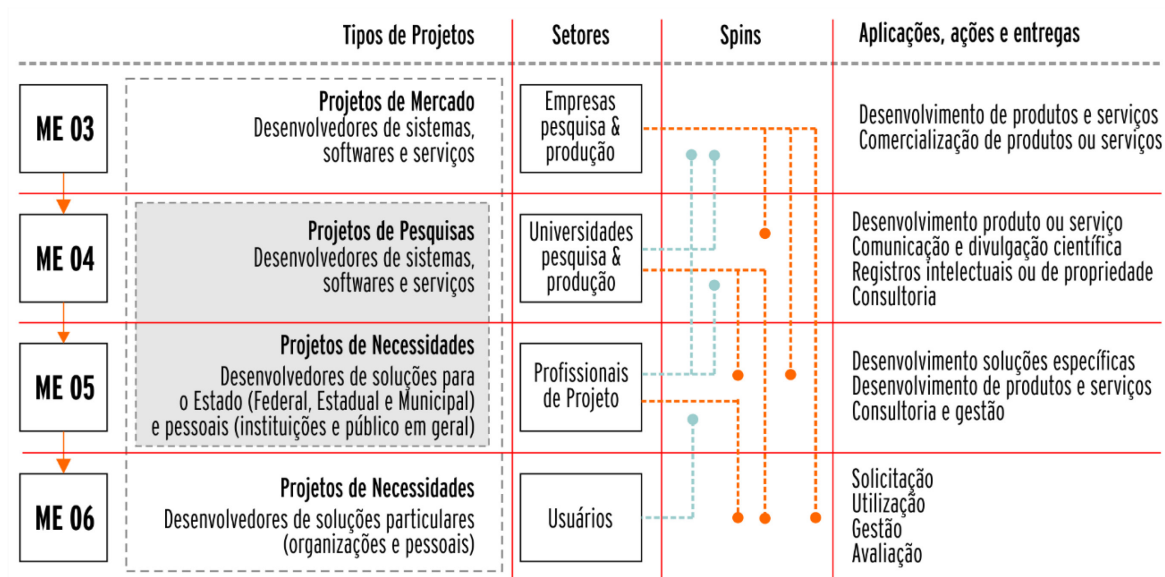
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

O domínio de atuação é descrito a seguir:

- O domínio de aplicação compreende a possibilidade de que, a partir da utilização efetiva das TDs de auxílio aos projetos, incluindo ferramentas de relacionamento com usuários e seus territórios localizados, os projetistas de AED possam propor integrações de desenvolvimentos específicos como ações conjuntas de projeto, junto às universidades e empresas de pesquisas, com o objetivo de se obter soluções, também específicas e localizadas, que possam ser compartilhadas com outros projetistas, divulgadas e comunicadas cientificamente, ou mesmo que possam ser protegidas e posteriormente produzidas.

Para finalizar a modelagem da estruturação abordada, sugere-se a identificação dos tipos de projetos atribuídos a cada um dos níveis do domínio estabelecido, bem como a identificação de possíveis ações de entrega, após a finalização dos desenvolvimentos.

Figura 78 – Tipos de projetos e ações de entrega nas camadas de atuação de projetos AED



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

A Figura 78 apresenta os tipos de projetos e entregas.

Esse mapeamento se refere à complexidade existente nos processos de transferência e disponibilização das TDs, bem como a representação dos níveis onde as pesquisas acontecem, onde é possível se identificar quais são as TDs de auxílio que atendem à demanda de projeto e quais delas estão realmente disponíveis. Buscou-se a compreensão de como isso pode auxiliar os projetistas a se localizarem dentro da estrutura, de forma a se poder tomar decisões sobre os caminhos críticos de aprendizado necessário para a otimização do seu trabalho no cenário contemporâneo.

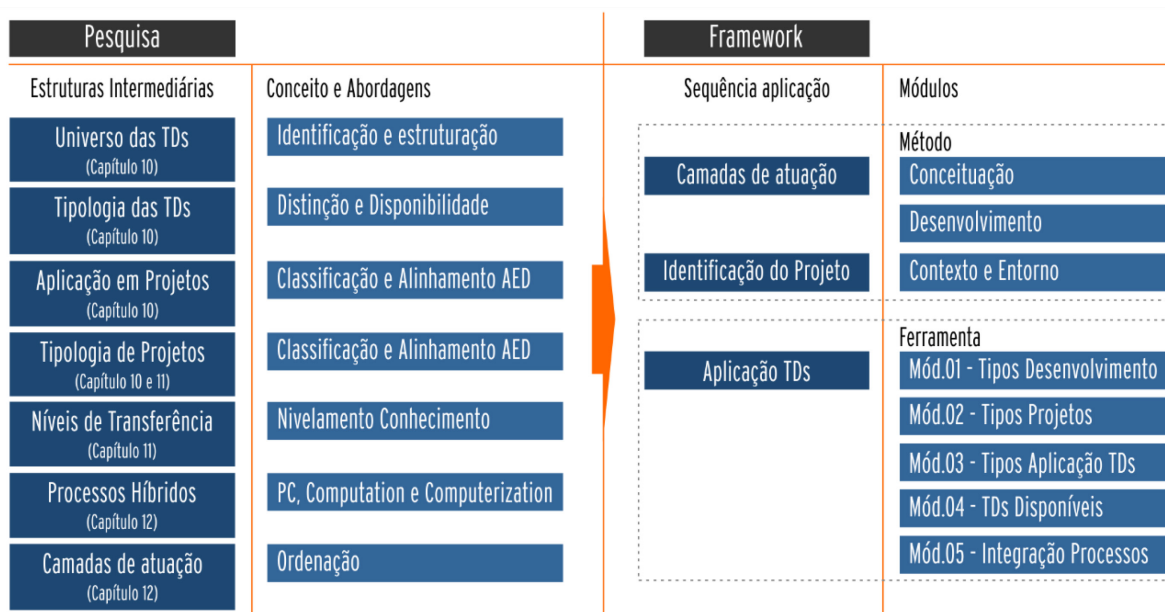
13 A representação dos Projetos para Futuro Próximo

Durante o desenvolvimento da pesquisa, a abordagem da complexidade sistêmica resultou em propostas de estruturas parciais representadas por modelos de mapas conceituais, diagramas e *frameworks* intermediários. Essa etapa da pesquisa cuida dos processos de **integração, unificação e ordenação** (juntar e distinguir) dessas estruturas, de forma a se obter um **framework completo de representação do PpFP**. Destacam-se dois pontos básicos:

- Criar a representação da proposta PpFP;
- Propiciar a visualização de sua estrutura, considerando níveis, arranjos, fluxos e ordenação de suas classes, objetos e sistemas.

O desenvolvimento do *framework* PpFP tem como objetivo principal representar a estrutura básica que serve como ponto de partida para desenvolvimentos mais complexos, atuando na construção da base sobre a qual outras partes do sistema (como códigos de automatização e algoritmos) poderão ser posteriormente adicionadas. Tal *framework* desenvolvido garante a esta pesquisa a representação da estrutura de referência do **Modelo PpFP**, a partir do qual se torna possível realizar testes práticos de aplicação.

Figura 79 – Identificação e ordenação das estruturas intermediárias para o desenvolvimento do *framework*



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

A Figura 79 apresenta as estruturas intermediárias desenvolvidas pela pesquisa, bem como indica a ordenação proposta para o *framework* do **Modelo PpFP**.

É importante citar que o *framework* proposto considera duas etapas distintas de atuação: a) um **Método** (Estrutura de Camadas) e b) **Ferramentas** (estruturas intermediárias).

O **Método** (aplicação da Estrutura de Camadas) representa a etapa na qual acontece a análise sistêmica do entorno do projeto. Nessa fase, as análises qualitativas possuem maior peso, auxiliando na constituição do conceito do projeto a ser iniciado. A ordenação das classes de atuação Lugar, Meio Ambiente, Sociedade e Necessidades direciona as ações de integração para as decisões que serão tomadas (contando com o suporte de TDs disponíveis e hábeis de utilização). O resultado dessa fase é o **conceito do projeto**, disponibilizado antes da aplicação das ferramentas de gestão.

As **Ferramentas** (aplicação das estruturas intermediárias) representam a etapa na qual acontece a análise sistêmica do projeto. Isso se dá a partir da estruturação do conceito, transformando-o em escopo de projeto. Toda a estruturação da nova abordagem para as práticas projetuais desenvolvidas pode ser utilizada a partir da automatização⁵⁴ do *framework* do que se define como **Modelo PpFP**. Nessa fase, as análises quantitativas possuem maior peso, auxiliando procedimentos de início do planejamento do projeto. Aqui, os reconhecidos métodos e ferramentas de gestão contemporâneos podem ser utilizados.

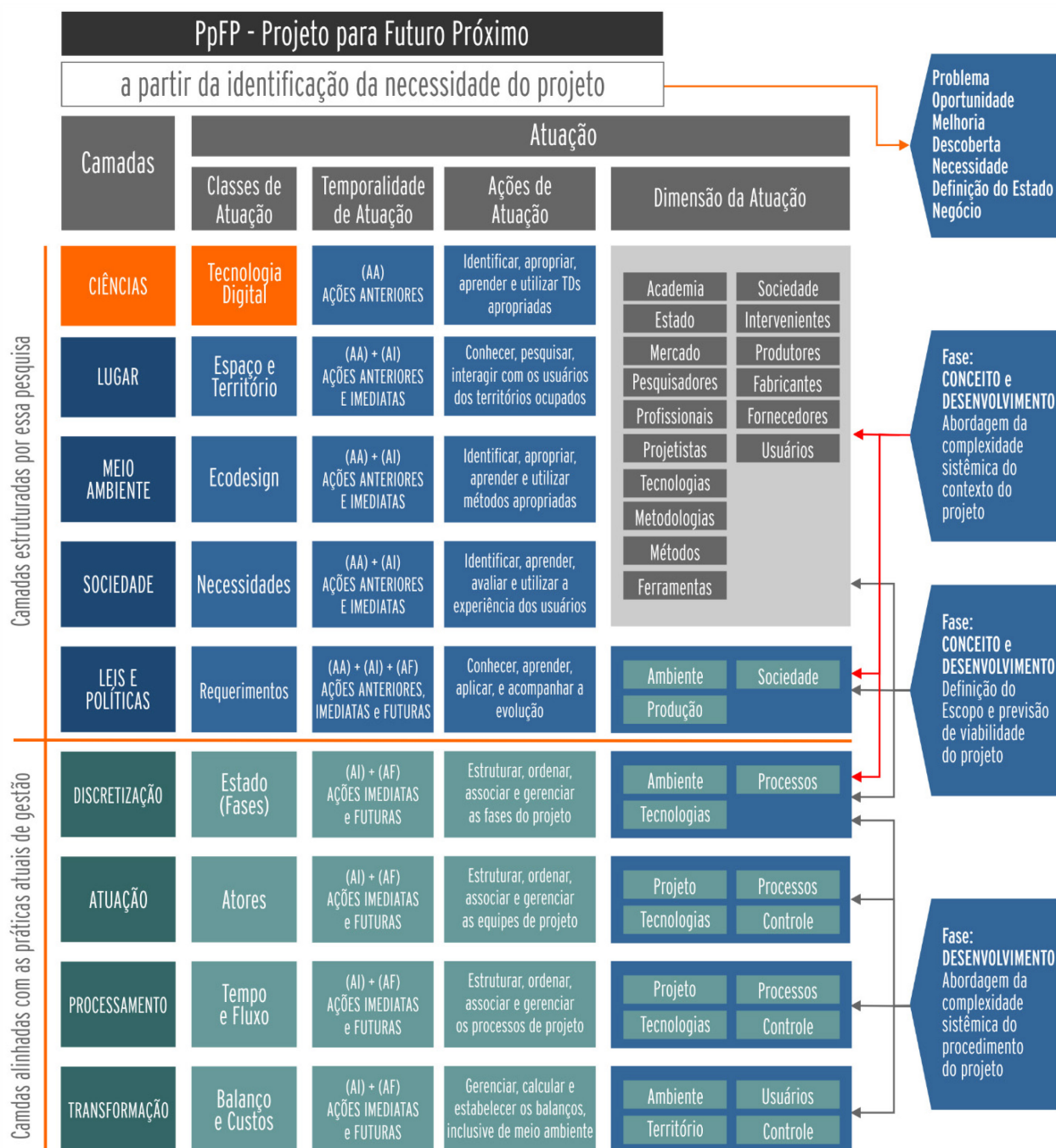
É relevante considerar esse alinhamento com as práticas atuais de gestão em função do reconhecimento da complexidade sistêmica envolvida na proposta de reestruturação dos procedimentos de análise de planejamento de projetos em contraponto às metodologias de gestão usuais e vigentes. Isso, além de propiciar herdar conhecimentos válidos dessas práticas atuais de gestão, também pode funcionar como um facilitador de aproximação para atuais gerentes de projeto.

⁵⁴ A automatização citada não será realizada por essa pesquisa, sendo planejada para ações futuras de continuidade desta pesquisa. Os testes de aplicação que foram realizados aconteceram a partir da utilização do *framework* do modelo PpFP desenvolvido.

13.1 A estrutura de camadas do PpFP [Método]

A Figura 80 apresenta, em maior resolução, a estruturação de camadas do PpFP. Vale observar que, além dos módulos Método e Ferramentas apresentados acima, uma outra divisão aparece na estrutura de camadas, auxiliando a identificação do bloco das camadas novas (em azul) e do bloco de adaptação dessas novas camadas às estruturas das metodologias de gestão existentes (em verde).

Figura 80 – Estrutura em camadas para o *framework* geral



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Conforme citado, a ordenação das camadas aborda uma sequência de processamento que, a partir da identificação da necessidade do início do projeto, define atuações relacionadas à temporalidade, sendo:

- Ações Anteriores (AA), que demandam busca imediata por possíveis processos de herança e aproveitamento de conhecimento adquirido, como, por exemplo, o uso de normas ou mesmo estudo para otimizar o uso de *um software*;
- Ações Imediatas (AI), que demandam uma identificação das necessidades imediatas de abordagens da contemporaneidade do projeto, como, por exemplo, conhecer o comportamento dos usuários do lugar específico onde atuarão os resultados dos projetos;
- Ações Futuras (AF), que determinam a identificação de processos a serem adotados, como, por exemplo, uma atualização para novos processos ou métodos de gestão.

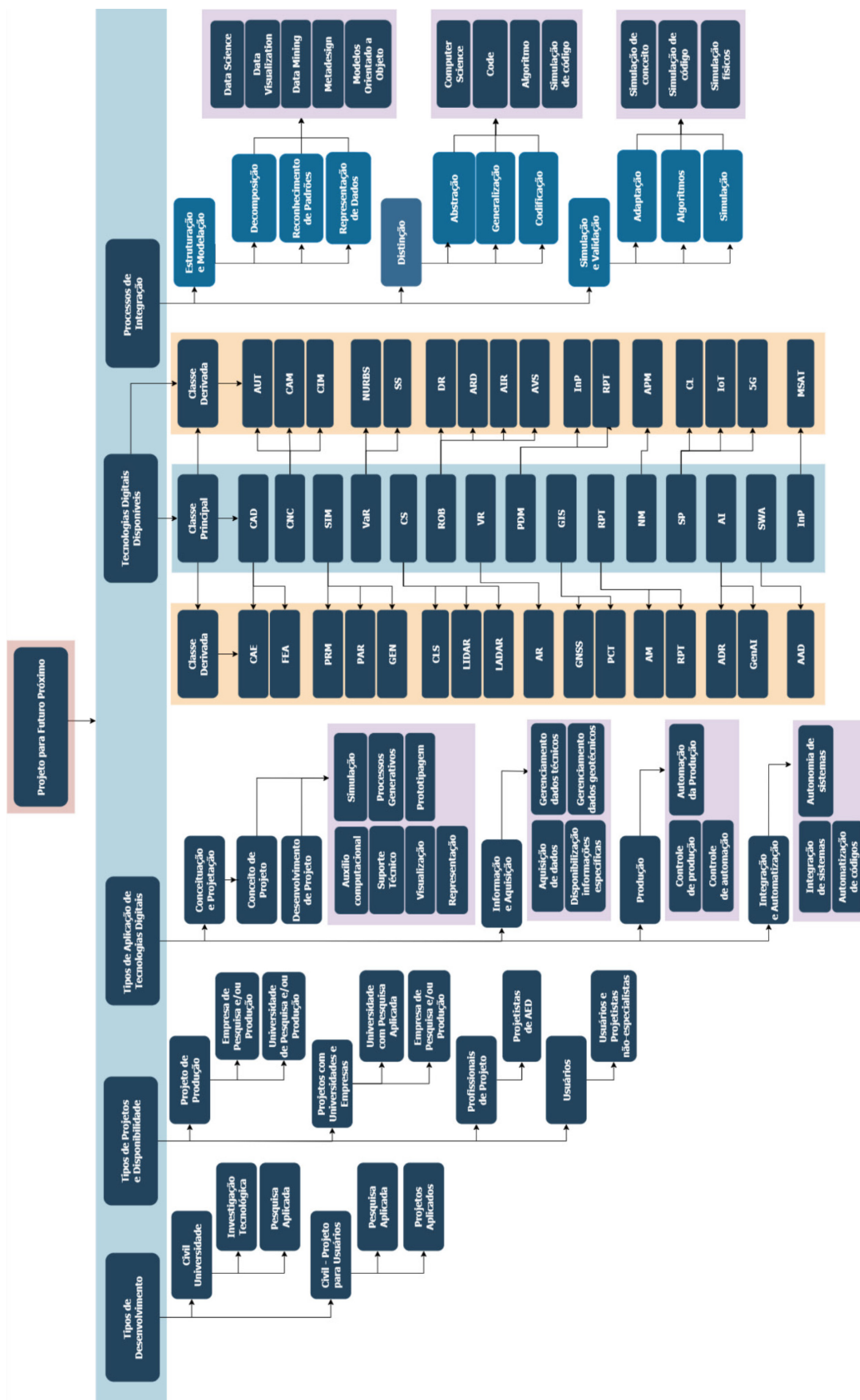
O uso da estrutura também chama a atenção para:

- Uma avaliação antecipada sobre as TDs disponíveis aptas para o novo projeto, considerando aquelas já utilizadas e as possíveis novas disponibilizações;
- Um cuidado com a análise sobre os lugares onde o projeto acontecerá, tanto para os territórios físicos, que receberam os resultados dos projetos, quanto para os virtuais, com os quais os usuários e habitantes irão se integrar;
- Um cuidado com a análise antecipada sobre os métodos de ecodesign que deverão ser incorporados no desenvolvimento;
- Uma análise dos impactos sobre os comportamentos dos futuros usuários dos resultados do projeto desenvolvido.

13.2 Os frameworks intermediários [Ferramentas]

Os *frameworks* intermediários desenvolvidos foram organizados como módulos alinhados aos conceitos de fases de projetos.

Figura 81 – Expansão de todos os níveis dos Módulos para a aplicação das TDs.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

A estruturação analítica (WBS)⁵⁵ (para todos os níveis) dos módulos de aplicação das TDs é apresentada na Figura 81.

A ideia é criar uma estruturação consistente com os conceitos de pensamento computacional e com o desenvolvimento de sistemas de informação, de forma a permitir futura escrita de código e de automatização. A Figura 82 apresenta os módulos de aplicação das TDs.

Figura 82 – Módulos para o *framework* geral

| | | |
|------|---|--|
| Mod1 | Tipos de Desenvolvimentos + | Tipos de Desenvolvimento |
| Mod2 | Tipo de Projetos e Disponibilidade de TDs + | Tipos de Projeto e Disponibilidade |
| Mod3 | Tipos de Aplicação das Tecnologias Digitais + | Tipos de Aplicação das Tecnologias |
| Mod4 | Tecnologias Digitais Disponíveis + | Disponibilidade das Tecnologias Digitais |
| Mod5 | Processos de Integração + | Interdisciplinaridade e Processos |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Os Módulos foram organizados da seguinte forma:

13.2.1 - Mod01 – Tipos de Desenvolvimento

O módulo atua na distinção dos tipos de pesquisa sob a qual se dará o projeto a partir da tipologia proposta. O *framework* possibilita desenvolvimentos de Tecnologia Dual para: a) Setor Civil - Universidade e b) Setor Civil - Usuários, de acordo com:

- Investigação Tecnológica, que atende demandas das universidades e órgãos federais e estaduais (fomentos), que podem ser protegidas e contratadas. Garante acesso às pesquisas e parcerias das universidades no desenvolvimento dos projetos civis;
- Pesquisa Aplicada, que atende demandas das universidades, órgãos estaduais e municipais e mercado em geral. Ela garante que resultados em desenvolvimentos de projetos civis possam ser utilizados em pesquisas e parcerias acadêmicas, podendo as demandas serem protegidas e contratadas;

⁵⁵ WBS ou *Work Breakdown Structure* - Estrutura Analítica do Projeto (EAP) é ferramenta essencial para o gerenciamento, pois além de permitir decompor o escopo total de um projeto em partes menores controláveis, possibilita a visualização da abrangência do projeto (limite).

- Projeto Aplicado, que atende a demanda normal de mercado para usuários diretos, empresas e órgãos municipais. Garante que resultados em desenvolvimentos de projetos civis possam ser utilizados em projetos de demandas localizadas.

Figura 83 – Estrutura do Módulo 1 para o *framework* geral



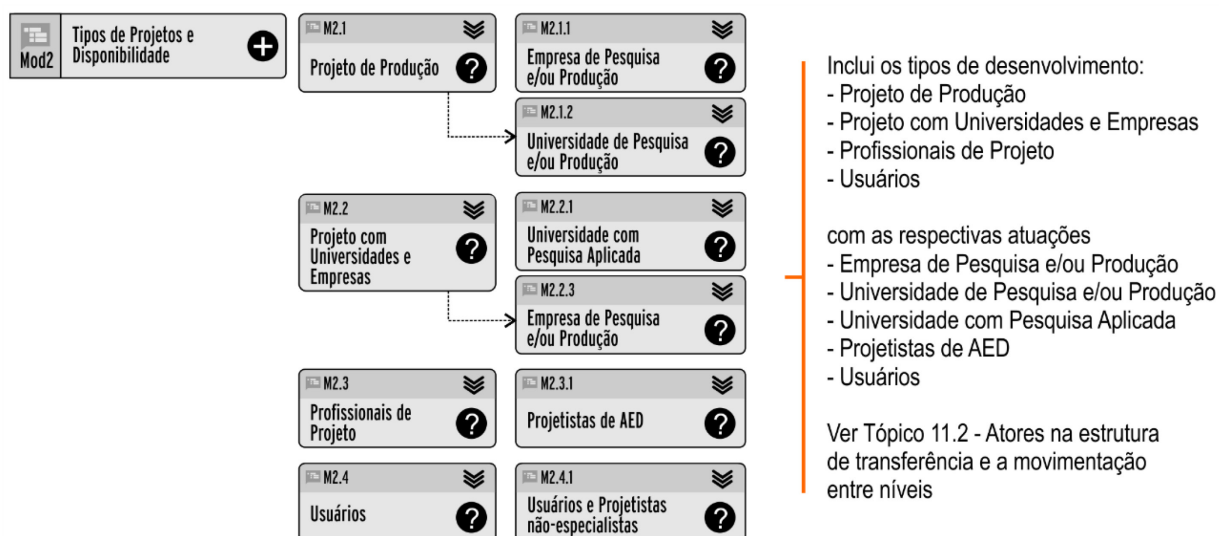
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

A Figura 83 apresenta a estrutura deste módulo. Ver o Tópico 11.2 - Atores na estrutura de transferência e a movimentação entre níveis.

13.2.2 - Mod02 – Tipos de Projetos e Disponibilidade

Indica os tipos de projeto abordando o caminho da disponibilidade das TDs, desde o nível prioritário de decisões de desenvolvimento até o nível de usabilidade em projetos cotidianos. Para o framework geral, foram utilizados seguintes tipos:

- Projetos de Produção, indica a atuação com universidades e empresas que compartilhem processos de P&D de forma comercial ou colaborativa;
- Projetos de Universidade e de Empresa, indica a atuação do projeto em desenvolvimentos que permitam proteção de autoria, tanto com universidades quanto com empresas. É o nível no qual se espera um “nivelamento dos conhecimentos de projeto” para os projetistas;
- Projetos de Produção e Mercado, indica a atuação dos projetos de AED que acontecem cotidianamente para os clientes diretos e para os contratos de empresas e de instituições de Estado ou Município;
- Projetos de Usabilidade, indica a atuação dos projetistas em análises de projetos AED implementados com a participação de não-especialistas e usuários.

Figura 84 – Estrutura do Módulo 2 para o *framework* geral

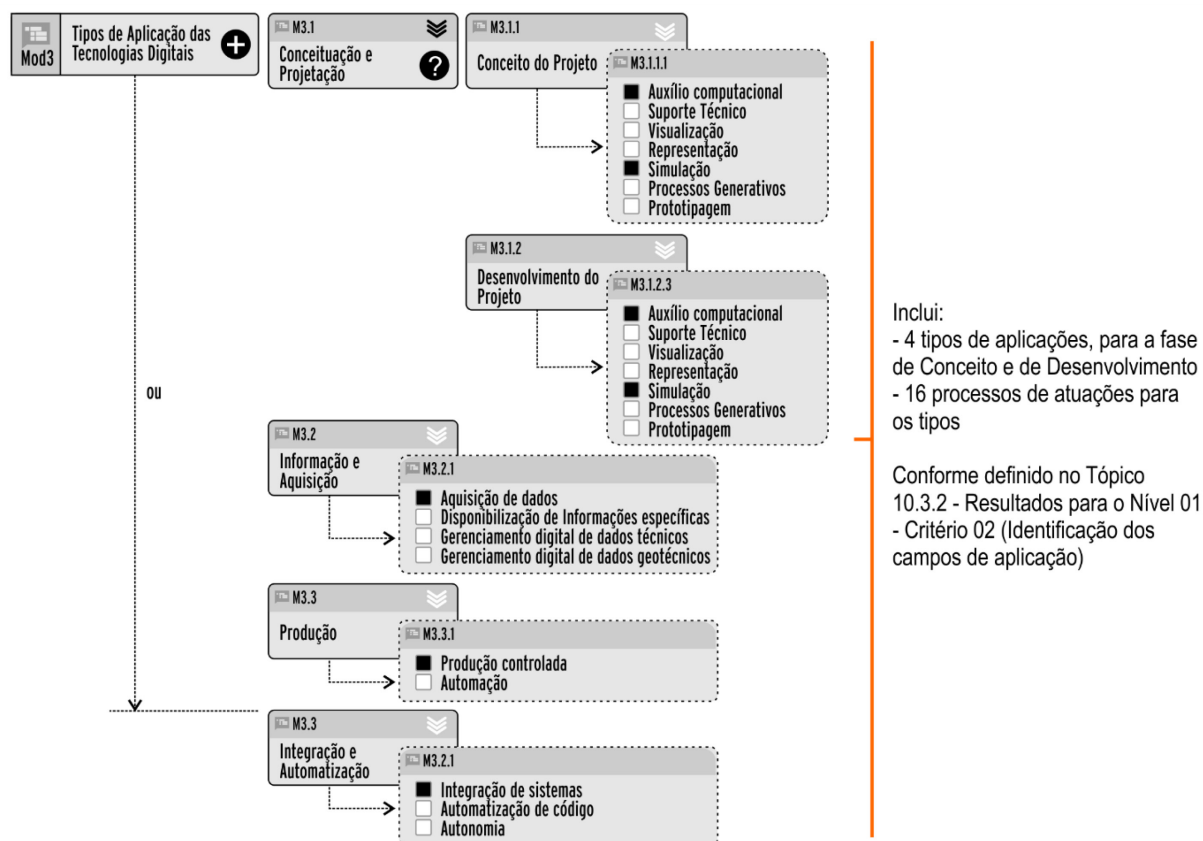
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

A Figura 84 apresenta a estrutura deste módulo. Ver o Tópico 11.2 - Atores na estrutura de transferência e a movimentação entre níveis

13.2.3 - Mod03 – Tipo Aplicação de Tecnologias Digitais

Identifica os tipos de TDs indicadas aos projetos em função de sua aplicação primária. Também possui relação direta com o Módulo 1. Para o *framework* geral, os tipos de aplicação foram organizados em alinhamento com as fases dos projetos:

- Conceituação e Projetação: para aplicações de desenvolvimentos de projetos técnicos, suportes aos projetos, visualização e representação de projetos, simulação para validação, processos generativos e prototipagem;
- Informação e Aquisição: aquisição de dados, disponibilização de informações específicas, gerenciamento digital de dados técnicos e geotécnicos;
- Integração e Automação: integração de sistemas, automação de códigos e autonomia de sistemas;
- Produção: controle de produção e automação de produção.

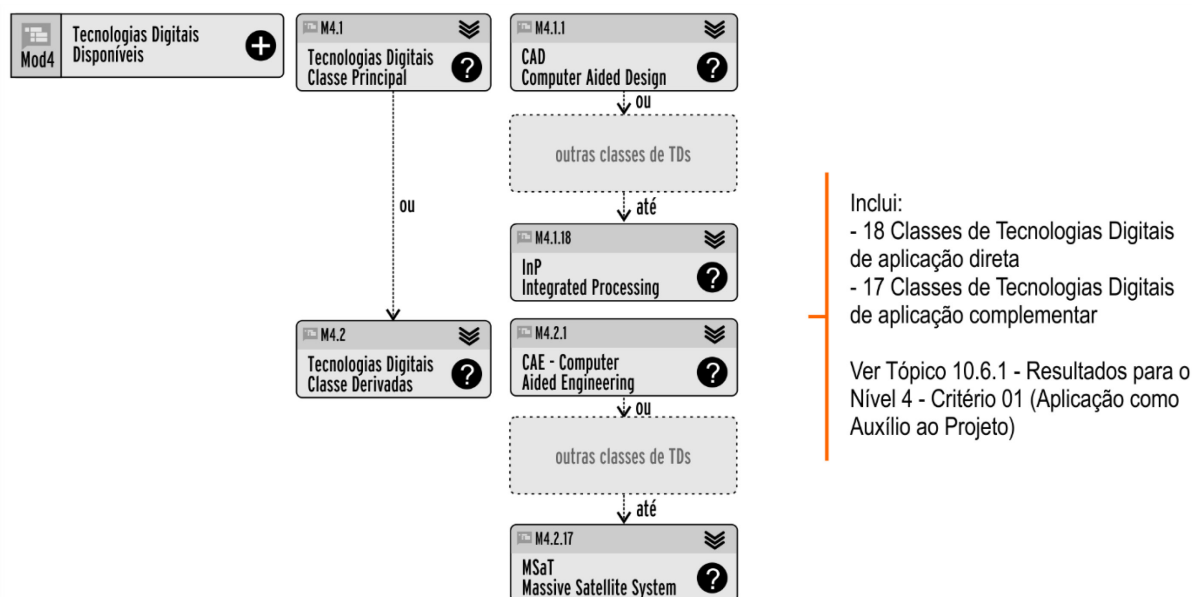
Figura 85 – Estrutura do Módulo 3 para o *framework* geral TDs

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

A Figura 85 apresenta a estrutura deste módulo. Ver o Tópico 10.3.2 - Resultados para o Nível 01 - Critério 02 (Identificação dos campos de aplicação).

13.2.4 - Mod04 – Tecnologias Digitais Disponíveis

Atua na distinção das tecnologias digitais que realmente são aplicáveis aos projetos alinhados ao conceito PpFP, abordando a disponibilidade destas para utilização imediata nos projetos. Na pesquisa, foram definidas as 38 classes de TDs identificadas como de auxílio ao projeto, sendo 17 TDs da Classe principal e 18 da Classe Derivada.

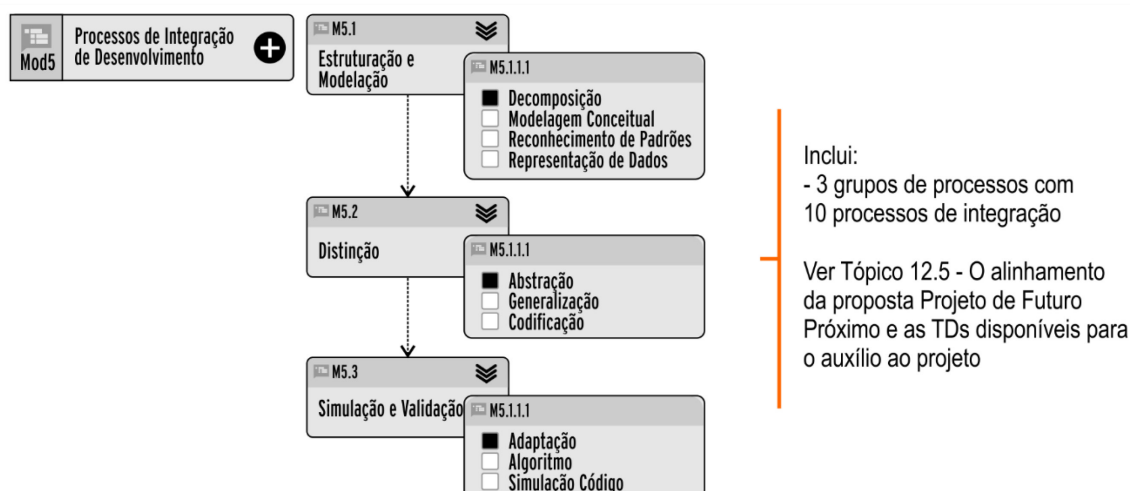
Figura 86 – Estrutura do Módulo 4 para o *framework* geral

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

A Figura 86 apresenta a estrutura deste módulo. Ver o 10.6.1 - Resultados para o Nível 4 - Critério 01 (Aplicação como Auxílio ao Projeto)

13.2.5 - Mod05 - Processos de Integração de Desenvolvimento

Atua na integração dos processos fundamentais de projetos relacionados com métodos e ferramentas atribuídas aos desenvolvimentos e a evolução das tecnologias digitais de informação, como abstração, decomposição, reconhecimento de padrões etc.

Figura 87 – Estrutura do Módulo 5 para o *framework* geral

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

O módulo foi estruturado a partir dos processos de:

- a) Estruturação e Modelação: relacionando os processos de Decomposição, Modelagem Conceitual, Reconhecimento de Padrões e Representação de Dados;
- b) Distinção: relacionando os processos de Abstração, Generalização e Codificação;
- c) Simulação e Validação: relacionando os processos de Adaptação, Algoritmos e Simulação.

A Figura 87 apresenta a estrutura desse módulo. Ver o Tópico 12.5 - O alinhamento da proposta Projeto de Futuro Próximo e as TDs disponíveis para o auxílio ao projeto.

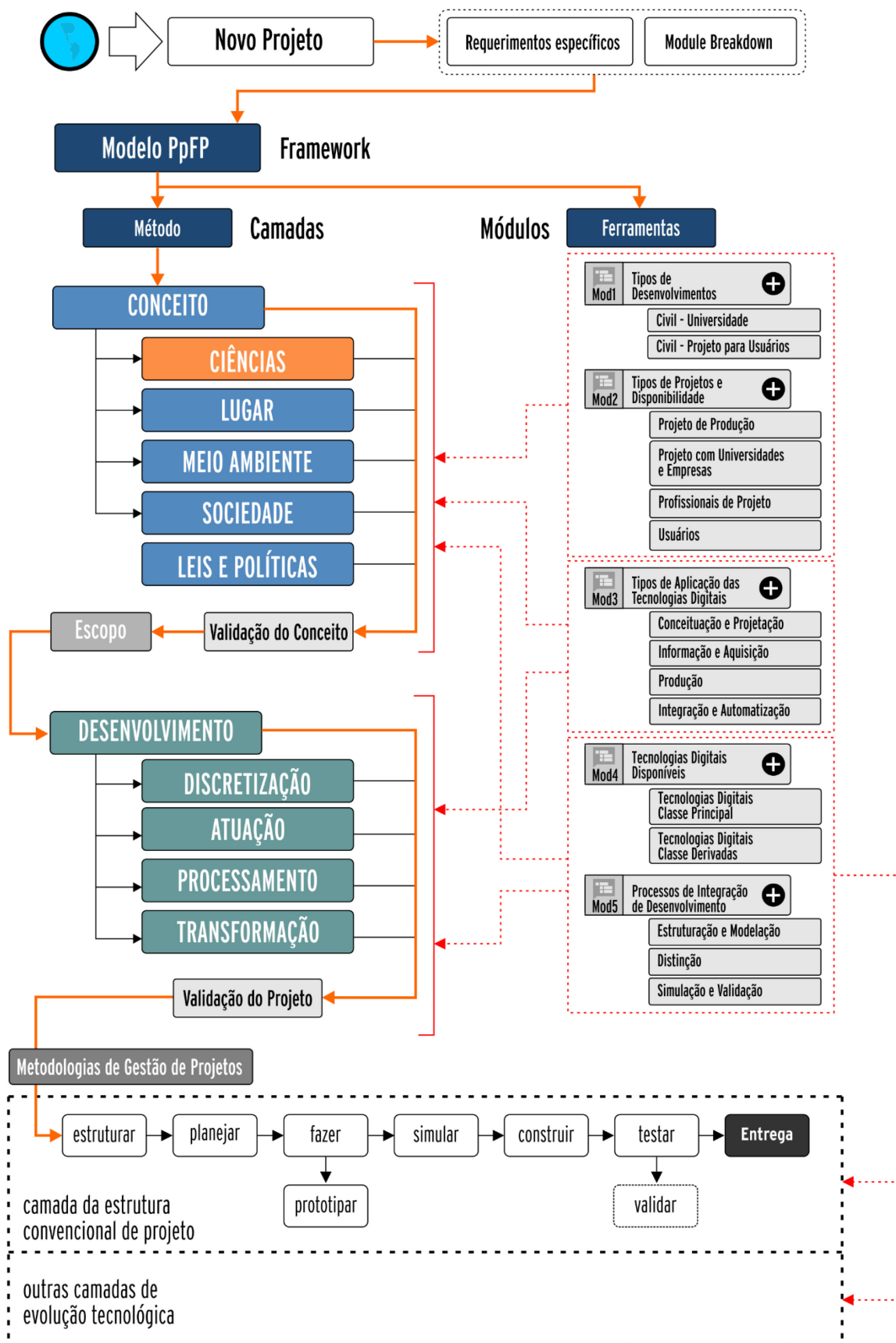
13.3 O fluxograma do PpFP

Organizar as fases dos processos auxilia na definição do correto fluxo de desenvolvimento que permite a identificação do caminho crítico das atividades do projeto. Pode-se também considerar as dependências entre diferentes atividades e o tempo necessário para a conclusão de cada uma delas. O diagrama de fluxo foi desenvolvido com o objetivo de integrar e interligar os processos de decisão de projeto para o Método e as Ferramentas constituintes do *framework*.

No fluxograma, a indicação do caminho crítico destaca os pontos de atuação dos tópicos descritos nos frameworks, bem como as respectivas interações relacionadas aos processos de pensamento computacional e aos processos de modelagem conceitual.

Também representa um alinhamento às estruturas convencionais das fases de projetos propostas pelas metodologias de gestão de projetos atualmente utilizadas.

A Figura 88 apresenta do diagrama do *framework* geral.

Figura 88 – Estrutura do caminho crítico e aplicações dos Módulos no *framework* geral

13.4 Os testes práticos de desenvolvimento: prescrições e artefatos intermediários

Conforme citado no Tópico 2 – Procedimento Metodológico, a *Design Science Research* (DSR), a DSR é uma abordagem que combina a teoria do design com a pesquisa científica para criar soluções práticas para problemas complexos a partir de resultados de processos intermediários dos desenvolvimentos. Para a DSR, essas ações intermediárias de validações são aceitáveis pois contribuem no refinamento de abordagens e de garantia de prosseguimento em processos de pesquisas. Ao longo do desenvolvimento desta pesquisa, prescrições e artefatos intermediários foram desenvolvidos com o objetivo de se obter possíveis validações por pares para os seguintes parâmetros definidos:

Quadro 39 – Definição dos parâmetros associados aos desenvolvimentos intermediários para validação de temas da pesquisa⁵⁶

| ID | Parâmetro | Tipo de desenvolvimento |
|----|--|--|
| P1 | Aprofundamento na pesquisa teórica sobre tecnologias digitais emergentes e suas aplicações em projetos AED (e as mudanças de comportamento relacionadas). | Artigos científicos. |
| P2 | Aplicação de conceitos alinhados aos processos de Pensamento Computacional em um projeto válido para aplicação em área distinta, porém, relacionada a abordagem da pesquisa. Definição de Frameworks aplicáveis à desenvolvimento de projetos para áreas distintas. | Framework aplicável, modelos de complexidade e estruturação de código. |
| P3 | Validação de processos de apropriação de tecnologia digital disponível, testando desenvolvimentos aplicáveis que validassem as mudanças do nível de conhecimento propostas na estrutura dos Níveis MEs (transferência e transbordamento de conhecimento). | Projeto de sistemas que exigissem o aprendizado de novos métodos ou ferramentas. |
| P4 | Desenvolvimento de projetos de sistemas digitais (alinhados à inovação) para a criação de sistemas de auxílio ao projetista, validando a atuação destes nas transições dos Níveis ME 04, ME 05 e ME 06 (mais próximas das ações do “mundo real”), com possível aplicação dos resultados em futuro próximo. | Projeto de sistemas “inovadores” aplicáveis em universidades, empresas e necessidades imediatas de usuários. |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

O Quadro 39 apresenta a definição dos parâmetros orientadores para os desenvolvimentos intermediários de validação. O Quadro 40 apresenta os projetos desenvolvidos durante o tempo hábil da pesquisa. Observar que no campo Tipo de Artefato e/ou Prescrição, também estão indicados os tipos de parâmetros atendidos (Quadro 38) alinhados ao desenvolvimento dos projetos.

⁵⁶ No final do [Tópico Referências](#), são apresentados os links, via *QRCode* e *ShortURL*, para o acesso a todos os comprovantes das prescrições e artefatos intermediários desenvolvidos citados no Quadro 39.

Quadro 40 – Lista dos projetos intermediários desenvolvidos, com identificação dos parâmetros validados

| Ano | Tipo aplicado e Parâmetro | Descrição | Artefato desenvolvido | Validação |
|------|---|---|---|---|
| 2020 | Concurso Nacional (P3) | Prêmio CBIC Inovação e Sustentabilidade | Desenvolvimento de aplicativo: Simulador de Iluminação - Interface de Interoperabilidade BIM | Premiado na Categoria Pesquisa Acadêmica |
| 2022 | Congresso (nacional) (P1) | ENTAC 2022 | Publicação de artigo: Considerações sobre a Manufatura Rápida Aditiva e o uso de novos tipos de concreto nas construções impressas | Publicado em Anais Obteve Prêmio Melhor Artigo. |
| | Publicação científica nacional (P1) | ANTAC 2022 Revista Ambiente Construído | Seleção para Artigo expandido: Considerações sobre a Manufatura Rápida Aditiva e o uso de novos tipos de concreto nas construções impressas | Indicação para publicação |
| | Congresso (internacional) (P1)+(P2) | 6th CILASCI – Iberian-Latin American Fire Safety Congress | Publicação de artigo: Um Framework de complexidade para integração de Método de Análise de Risco de Incêndio para um modelo brasileiro | Publicado em Anais Menção Honrosa Melhor Artigo. |
| 2023 | Registro de Programa de Computador (P3)+(P4) | CTIT – Coordenadoria de Transferência de Inovação Tecnológica - UFMG | Propriedade Intelectual: Simulador de Iluminação - Interface de Interoperabilidade BIM | Obtenção do Certificado Digital de Registro de Programa de Computador 20210036 – Id. N-PC-31-2021 |
| | Congresso (internacional) (P1)+(P2) | CLB A+E 2023 - Congresso Luso-Brasileiro em Arquitetura e Engenharia | Publicação de artigo: Simulador de Iluminação - Interface de Interoperabilidade BIM | Publicado em Anais Obteve indicação para publicação em periódico internacional |
| | Congresso (nacional) (P1)+(P2) | XIX SDS – Simpósio de Design Sustentável 2023 | Publicação de artigo: Inteligência Artificial e Projeto AECD: mapeamento pra aplicações de IA em um framework de estrutura de projetos | Publicado em Anais Obteve indicação para publicação em periódico nacional |
| 2024 | Publicação de Tópico de livro internacional (P1) | Springer Nature - Architecture, Structures and Construction | Publicação de Tópico: <i>Interoperability Interface for Simulation of Natural And Artificial Lighting of BIM Models</i> | Publicação na edição 2024, segundo semestre |
| | Projeto de fomento (em análise) (P1)+(P2) + (P3)+(P4) | GP CNPq IGNIS EA-UFMG + FAPEMIG - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais | Participação em Projeto: Representação de Avaliação de Risco de Incêndio utilizando Realidade Aumentada em Edificações Complexas em Minas Gerais – Coordenação montagem do Laboratório de TDs para Aquisição, Monitoramento e Simulação | Projeto parceria Corpo de Bombeiros de Minas Gerais e UFMG (GP CNPq IGNIS) |
| | Registro de Patente e/ou | CTIT – Coordenadoria de Transferência de | Propriedade Intelectual – Desenho Industrial: | Solicitação do registro (aguardando |

| | | | |
|---|---|--|---|
| Desenho Industrial (P3)+(P4) | Inovação Tecnológica - UFMG | Sistema de Monitoramento Remoto: Mesh Net de Sensores de Alerta Antecipado de Incêndio para Edificações Complexas | número do Pedido de Depósito) |
| Registro de Patente e/ou Desenho Industrial (P3)+(P4) | CTIT – Coordenadoria de Transferência de Inovação Tecnológica - UFMG | Propriedade Intelectual – Desenho Industrial: Sistema de Monitoramento Remoto: Mesh Net de Sensores de Alerta Antecipado de Incêndio para Áreas de Proteção Ambiental | Solicitação do registro (aguardando número do Pedido de Depósito) |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Dois dos projetos citados são apresentados aqui: a) o simulador de iluminação e b) o sistema de monitoramento para alerta antecipado de incêndio.

Eles foram selecionados porque representam projetos estreitamente alinhados aos parâmetros definidos pela Quadro 38 (p. 206) e foram modelados de acordo com o *framework* proposto pela pesquisa, considerando inclusive a possibilidade de serem implementados e utilizados em projetos de AED em menos de cinco anos. É importante citar que ambos os projetos passaram por processos de registros e de proteção intelectual, o que propiciou alinhamentos às propostas de mudança de nível e de distinção quanto ao caráter de inovação.






13.4.1 - Simulador: Interface de Interoperabilidade para Simulação de Iluminação Natural e Artificial de Modelos BIM

O simulador foi desenvolvido a partir da relação orientador-orientando em um projeto de conclusão de curso de especialização⁵⁷. O arquiteto especialista em sustentabilidade Yuri Scatrut Ribeiro de Andrade desenvolveu toda a programação necessária para a criação do algoritmo. Toda a modelagem conceitual foi desenvolvida em alinhamento ao *framework* proposto pelo método de Projeto para Futuro Próximo proposto.

O Quadro 41 representa a aplicação do *framework* para o desenvolvimento do projeto do simulador, apresentando as camadas de conceito PpFP e a estrutura de atuação:

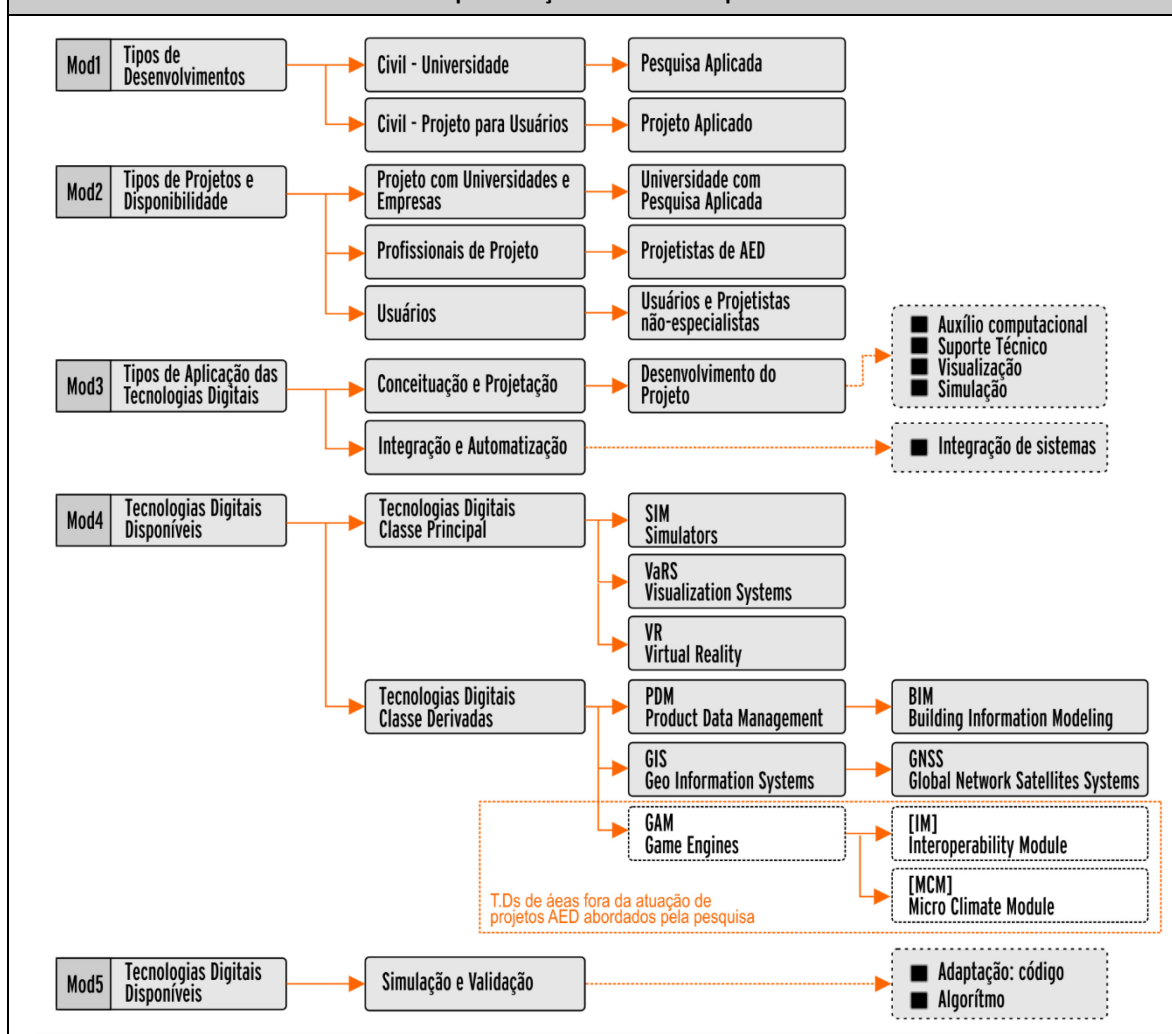
⁵⁷ Pós-graduação em Sustentabilidade - Conforto Ambiental, Eficiência Energética e Tecnologias Construtivas Sustentáveis, do Departamento de Tecnologia da Arquitetura e Design (TAU) – Escola de Arquitetura, Urbanismo e Design – Universidade Federal de Minas Gerais.

Quadro 41 – Descrição dos objetivos e parâmetros de projeto – Simulador de iluminação

| Interface de Interoperabilidade para Simulação de Iluminação Natural e Artificial de Modelos BIM | | |
|--|--|--|
| Camadas Conceito PpFP | Identificação do Problema e definição do Entorno de atuação | Dimensão da Atuação |
|  | <ul style="list-style-type: none"> Interoperabilidade: utilização dos Modelos de Informação (MI) dos projetos desenvolvidos em BIM, com garantia da acuidade técnica. Tomada de Decisão: otimização da visualização e interação do projetista com o usuário das edificações projetadas, facilitando as tomadas de decisão na fase de projeto. Eficiência lumínica: auxiliar na orientação de menor impacto ambiental para os projetos arquitetônicos, para iluminação natural e artificial. Tecnologia Digital: identificar e utilizar tecnologias digitais disponíveis para desenvolvimento do código e escrita do algoritmo e implementação do aplicativo. | <ul style="list-style-type: none"> Academia Estado Mercado Pesquisadores Fabricantes Fornecedores Projetistas Usuários |
|  | <ul style="list-style-type: none"> Geoposicionamento: simulação aplicável para todas as localidades do planeta coberta por sistemas de geolocalização. | <ul style="list-style-type: none"> Territórios Híbridos |
|  | <ul style="list-style-type: none"> Iluminação natural e artificial desempenham papéis fundamentais na arquitetura e engenharia civil, influenciando o conforto, a produtividade e a eficiência energética. O simulador atua na transição decisória das especificações de projetos, com a vantagem de um alinhamento direto com os conceitos de conforto ambiental, conforto lumínico, eficiência energética, desempenho, bem como normas, selos e certificações. | <ul style="list-style-type: none"> Tecnologia Métodos Materiais Espaços construídos Meio Ambiente |
|  | <ul style="list-style-type: none"> O conforto lumínico, ou seja, a qualidade da iluminação em um ambiente, exerce uma influência significativa no comportamento humano, seja na integração social, no humor e emoções, no ritmo circadiano, no desempenho cognitivo etc. Ações diretas: projetista - usuário/cliente, fabricantes/projetistas. | <ul style="list-style-type: none"> Projetistas Usuários |
|  | <ul style="list-style-type: none"> Normas de iluminação: NBR, ISO e CIE. Normas de Eficiência Energética na Iluminação: NBR, IEC e Regulamentações regionais. Normas de Conforto Lumínico: NBR, CIE e ASHRAE. Desempenho: NBR. Regulamentações regionais. | <ul style="list-style-type: none"> Legislação Normas Certificações |
| Estrutura de atuação para o desenvolvimento do projeto | | |
| Atuação | Descritivo | |
| Abordagem | <ul style="list-style-type: none"> Simuladores digitais; Desenvolvimento de tecnologia digital da Classe Principal: <i>Simulators</i>; <i>Building Information Modeler</i> (BIM) – integração de tecnologias; Apropriação de tecnologia digital disponível: <i>Game Engines</i>; Auxílio computacional ao Projetos AED de Iluminação – novas aplicações; Otimizar a visualização das simulações lumínicas para os projetos arquitetônicos. | |
| Proposta e objetivos | <ul style="list-style-type: none"> Desenvolver um aplicativo de simulação de ambiente construído para a fase de Projeto de Iluminação Natural e Artificial; Desenvolver um aplicativo que possa utilizar modelos de projeto desenvolvidos em plataformas <i>BIM - Building Information Modeler</i>, com total acuidade técnica; Utilizar visualização em fotorrealismo, melhorando a interação usuário-projetistas para tomadas de decisão de projeto; Desenvolver um aplicativo compatível com a tecnologia de Realidade Virtual, propiciando imersão na simulação do ambiente em projeto; | |

| | |
|------------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver um aplicativo a partir de processos de programação orientada à objeto e modelos de parametrização, utilizando módulos de algoritmos disponíveis na internet; • Desenvolver um aplicativo que poderia ser de uso comum para projetos de arquitetos, engenheiros e designers. |
| Discussões | <ul style="list-style-type: none"> • Compreender o que são e como funcionam os modelos de informação abordados na classe BIM de tecnologia digital de auxílio; • Compreender os problemas da interoperabilidade BIM; • Compreender como funcionam as tratativas de uso, manipulação e transferência dos modelos de dados de projetos gerados; • Compreender como integrar interfaces distintas mantendo a acuidade técnica das informações de projeto (banco de dados, propriedades dos dados, propriedades físicas, definições geométricas, classes de modelagem, dimensões etc.); • Testar a capacidade de desenvolvimento de um simulador a partir de linguagens de programação <i>Low and Medium Code</i> (plataformas que exigem pouca programação e trazem códigos pré-escritos); • Buscar a validade do desenvolvimento com um aplicativo interessante para os projetistas e para o mercado; • Buscar os processos de proteção da ideia e testar os tempos de disponibilização da propriedade intelectual (validando a definição do tempo implementação para os Projetos de Futuro Próximo). |

Representação da Estrutura PpFP



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

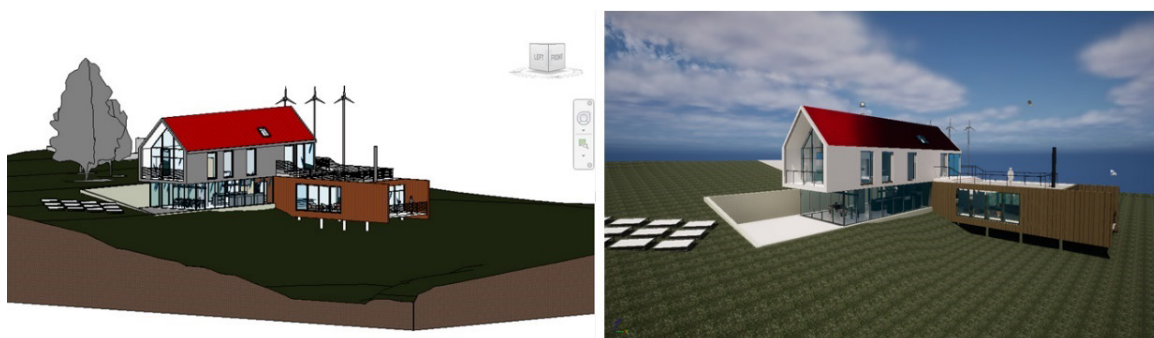
Descritivo técnico do simulador:

O simulador funciona a partir da tradução do banco de dados dos modelos de informação gerados para um projeto arquitetônico completo feito em software da **Classe de TD BIM – Building Information Modeler**. Ele pode “abrir” um projeto BIM completo.

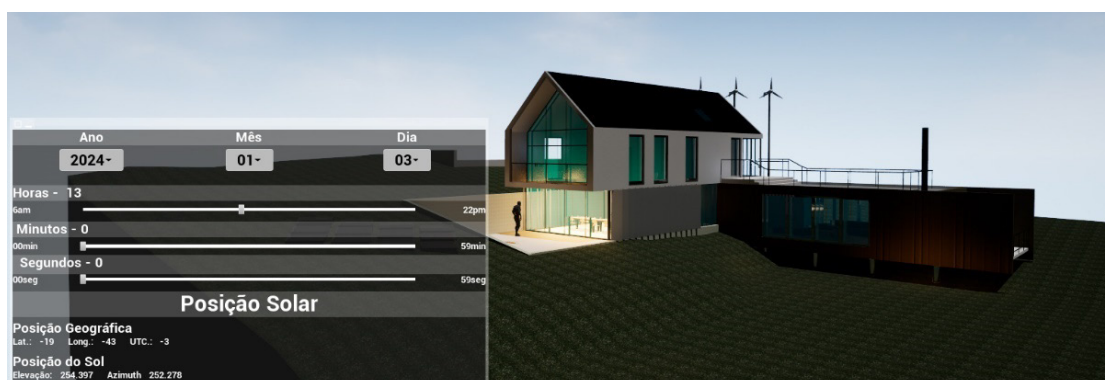
Uma rotina de início de trabalho identifica se alguns dos modelos de informação apresentaram problemas ao serem lidos na importação, permitindo ao projetista corrigir tais objetos. Essa rotina garante a acuidade técnica da importação.

O projeto arquitetônico é posicionado na interface do simulador a partir de coordenadas de geoprocessamento, garantindo a posição solar correta para iluminação natural. Além das variações lumínicas pela sazonalidade natural, configurações adicionais podem ser feitas no céu simulado, como movimentações das nuvens e claridade do céu em função de tipos distintos de chuva.

Figura 89 – Apresentação da interface do Simulador



Representação do projeto na interface BIM e representação na interface do simulador



Controle de geo-posicionamento e controle de iluminação natural

Fonte: Elaborado pelo autor e Scratut, 2024,

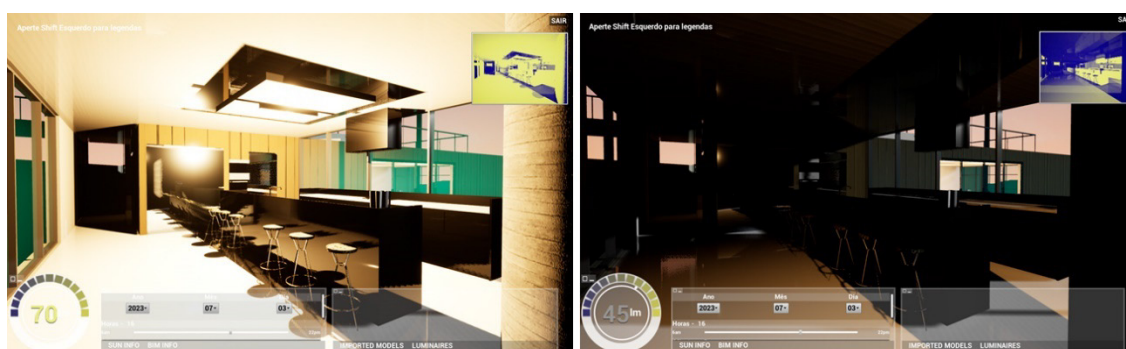
A Figura 89 apresenta algumas das funcionalidades do simulador.

Para a iluminação artificial, o simulador garante a importação dos modelos de informação das famílias de objetos de iluminação inseridos pelo projetista no software BIM. O simulador possui também uma biblioteca interna de famílias desses objetos, permitindo inserções de novas luminárias, lâmpadas etc.

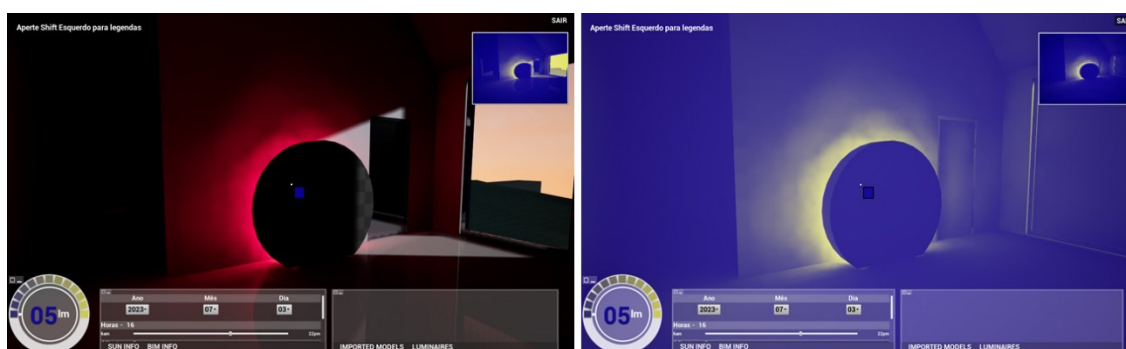
A interface de simulação proporciona a visualização em fotorrealismo das imagens externas e internas pelas quais o projetista e o usuário irão virtualmente caminhar, fazendo as medições e observações necessárias.

Para as medições, luxímetros ativos e de registros pontuais oferecem maior controle na identificação dos valores da iluminação. A utilização dos modelos de informação garante que a iluminação de simulação também possa ser mensurada a partir na análise do comportamento da luz (natural e artificial) sobre os demais objetos de cena (reflexão, transparência etc.).

Figura 90 – Interfaces de medição de iluminação artificial



Medições com luminárias ligadas e desligadas



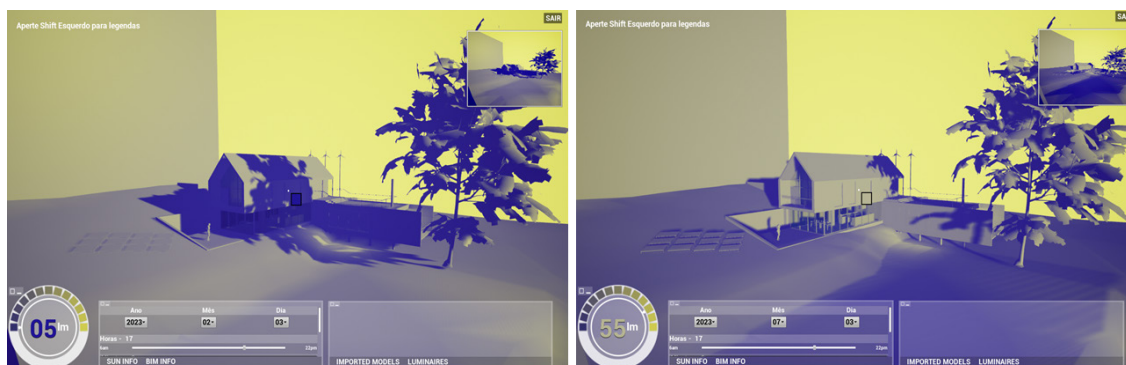
Medições de arranjos de objetos – iluminação traseira por fita de LED

Fonte: Elaborado pelo autor e Scratut, 2024,

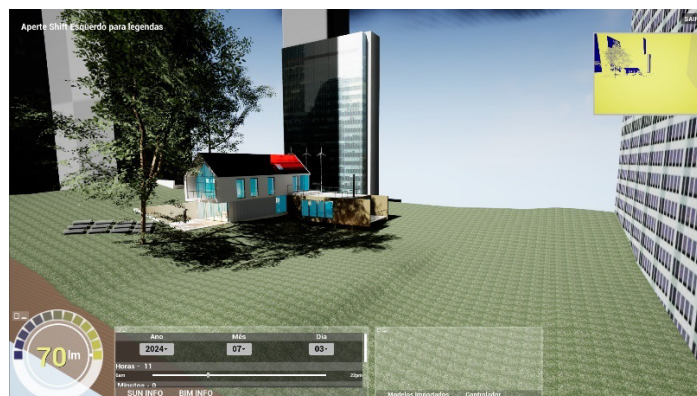
Para otimizar as tomadas de decisão, o simulador também permite a inserção de objetos de entorno, como árvores (para otimização de iluminação natural) ou edificações próximas da localização (para otimização dos sombreamentos causados). Para a organização das informações técnicas, são gerados relatórios finais nos quais

serão apresentadas todas as medições solicitadas e comportamentos simulados, de forma impressa, imagens e vídeos. As Figura 90 e Figura 91 apresentam algumas das funcionalidades do simulador

Figura 91 – Interfaces de inserção de objetos de entorno



Simulação de sombreamento

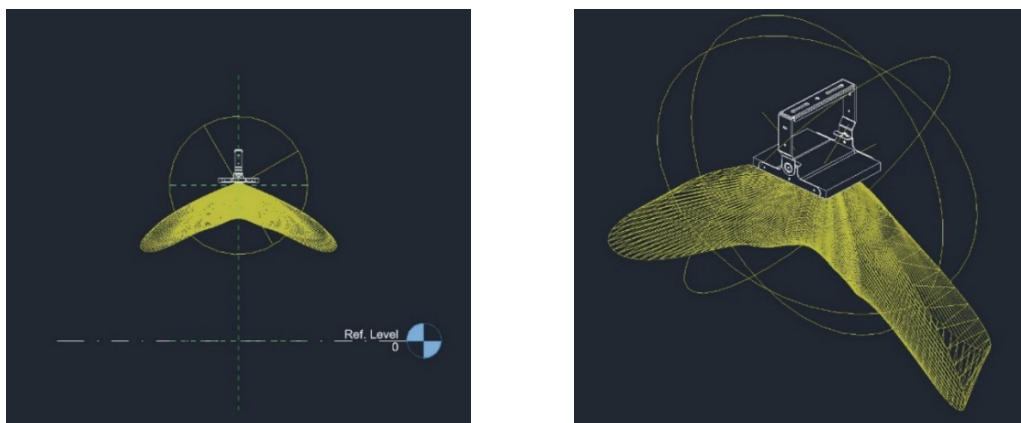


Simulação iluminação natural com objetos no entorno da posição do projeto

Fonte: Elaborado pelo autor e Scratut, 2024,

Atualmente, o desenvolvimento do simulador se encontra na fase de calibração para iluminação artificial.

Figura 92 – Criação de modelos de informação com atribuição de propriedades físicas de iluminação



Fonte: Scratut, 2024


Para tal, está em andamento o desenvolvimento de modelos de informação (dinâmicos) de famílias de luminárias e lâmpadas em parceria com um fabricante nacional. A fase seguinte será a de **calibração de iluminação natural**, para a qual um novo projeto de pesquisa científica será iniciado.

A Figura 92 mostra a representação de modelos de informação.

13.4..2 - Sistema de Monitoramento Remoto: *Mesh Net* de Sensores de Alerta Antecipado de Incêndio para Edificações Complexas e Áreas de Proteção Ambiental

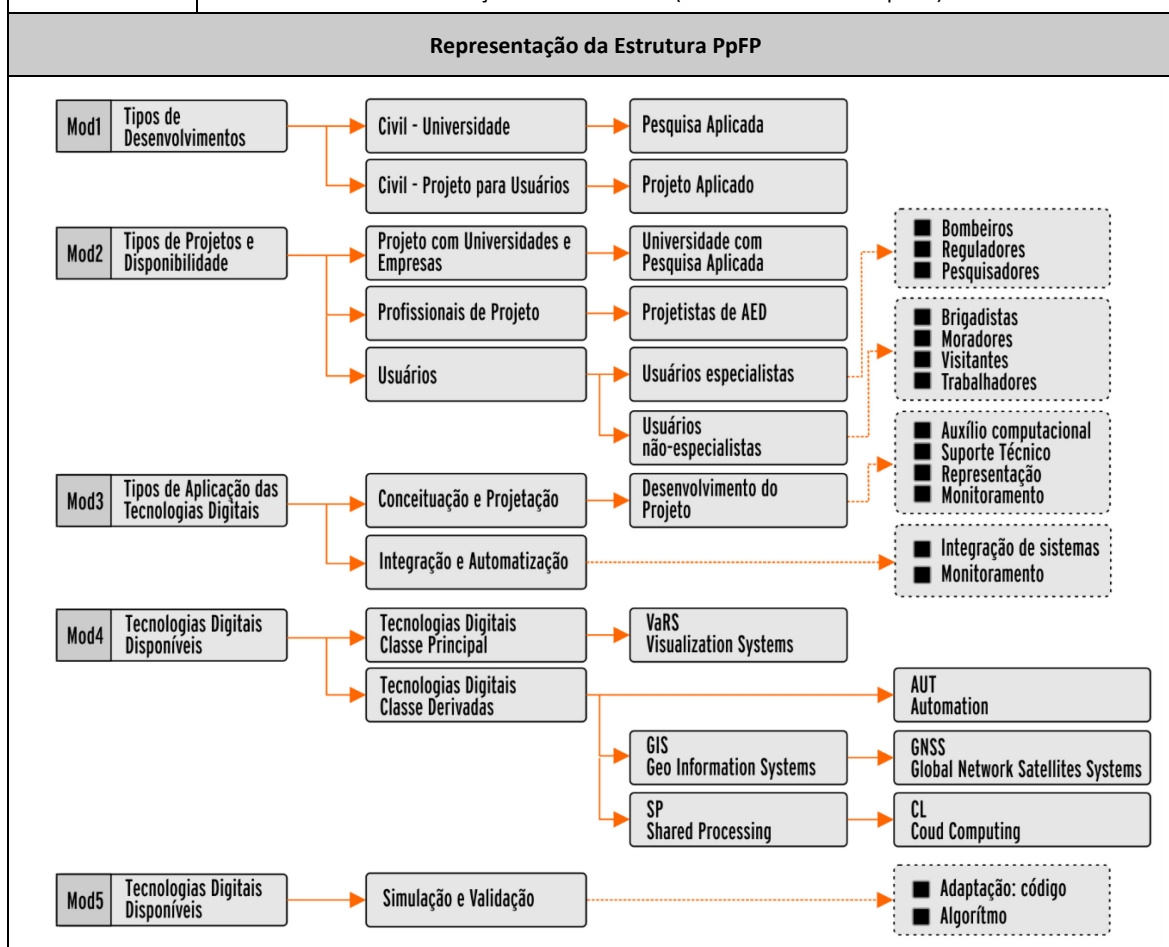
O sistema de monitoramento para alerta antecipado de incêndio foi proposto a partir dos estudos desenvolvidos pelo Grupo de Pesquisa CNPq IGNIS (Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Incêndio) e LADE (Laboratório de Estudos Integrados em Arquitetura, Design e Estruturas, da Escola de Arquitetura, Urbanismo e Design da UFMG). A modelagem conceitual também foi desenvolvida em alinhamento ao método de Projeto para Futuro Próximo proposto, utilizando o *framework* de projeto em fase final de desenvolvimento. A Quadro 42 apresenta a estrutura de desenvolvimento proposta.

Quadro 42 – Descrição dos objetivos e parâmetros de projeto – Rede de sensores monitoramento alerta antecipado de incêndio

| Sistema de Monitoramento Remoto – Net Mesh de Sensores de Alerta Antecipado de Incêndio para Edificações Complexas e Áreas de Proteção Ambiental | | |
|--|---|--|
| Camadas dos Conceitos PpFP | Identificação do Problema e definição do Entorno de atuação | Dimensão da Atuação |
|  | <ul style="list-style-type: none"> Preservação Ambiental: sistema de alerta anterior para focos iniciais de incêndio, visando a criação de um território híbrido de atuação de TDs na forma de aplicação direta de resultados de monitoramento. Ação de extensão para usuários distintos (bombeiros, brigadistas, moradores do entorno das áreas protegidas etc.) com possibilidade de abordagem por áreas relacionadas (treinamento, educação, novos produtos etc.); Preservação de Patrimônio Artístico e Cultural: validação de desenvolvimento de TD dual, estendendo a utilização para otimização de territórios híbridos existentes (edificações tombadas). Ação de extensão para usuários distintos (bombeiros, brigadistas, visitantes, pesquisadores etc.) com possibilidade de abordagem por áreas relacionadas (treinamento, educação, novos produtos etc.); Divulgação de Análise de Riscos de Incêndio: ampliação das áreas de atuação dos pesquisadores e reguladores das metodologias, métodos e ferramentas de análise de risco de incêndio; Desenvolvimento de Tecnologia Digital Dual: validação da aplicação da abordagem de PpFP, desenvolvendo um sistema de tecnologia digital dual utilizando novos componentes (sensores de | <ul style="list-style-type: none"> • • • • • • • Academia • Estado • Mercado • Pesquisadores • Fabricantes • Fornecedores • Projetistas • Usuários Especializados • Reguladores |

| | | |
|---|--|---|
| | <p>temperatura e nó de rede) desenvolvidos por parceria empresa-universidade;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Co desenvolvimento: validação de ações de desenvolvimentos diretos e integrados de grupos de pesquisa científica creditados; • Desenho Industrial: validação dos processos de proteção intelectual para projetos alinhados à abordagem PpFP em desenvolvimentos compartilhados. | |
| LUGAR | <ul style="list-style-type: none"> • Áreas de Reserva Ambiental: aplicável em todas as áreas de vegetação protegida e de controle ambiental; • Edificações Históricas com proteção patrimonial: aplicável em todas as edificações tombadas pelo Patrimônio Histórico e Artístico; • Redes de monitoramento: criação de territórios híbridos de integração de monitoramento; • Criação de Territórios Híbridos: a criação desses territórios híbridos, como, por exemplo, com os moradores de comunidades próximas às áreas preservadas ou com os visitantes de museus, propicia ações de conscientização mediadas por tecnologias digitais (Florestas Inteligentes). | <ul style="list-style-type: none"> • Territórios preservados • Territórios ocupados • Territórios Híbridos |
| MEIO AMBIENTE | <ul style="list-style-type: none"> • Fornecer alertas antecipados de focos de incêndios representam ações necessárias em função da extensão dos prejuízos causados ao meio ambiente, à produção agrícola e à população como um todo; • Alinha-se às abordagens, aos cuidados e a pesquisas relacionadas às mudanças climáticas e de matriz energética. | <ul style="list-style-type: none"> • Tecnologia • Sensoriamento • Espaços construídos • Meio Ambiente |
| SOCIEDADE | <ul style="list-style-type: none"> • A abordagem sobre os cuidados com as áreas de preservação ambiental atua com relevante influência no comportamento da sociedade sobre as necessidades da preservação do meio ambiente; • A abordagem sobre os cuidados com as edificações tombadas atua com relevante influência no comportamento da sociedade em relação às necessidades de valorização de sua cultura e tradições. | <ul style="list-style-type: none"> • Usuários especialistas • Usuários moradores • Usuários |
| LEIS E POLÍTICAS | <ul style="list-style-type: none"> • Lei do Código Florestal; • Lei do Patrimônio Cultural; • Normas NBR e ISSO; • Convenções internacionais; • RTs do Corpo de Bombeiros e associações relacionadas; • Metodologias ARI - Análise de Risco de Incêndio; • Regulamentações regionais. | <ul style="list-style-type: none"> • Convenções internacionais • Legislação • Normas • Certificações |
| Estrutura de atuação para o desenvolvimento do projeto | | |
| Abordagem | <ul style="list-style-type: none"> • Redes de Sensores de Monitoramento; • Desenvolvimento de tecnologia digital para a Classe Principal: Shared Processing; • Rede massiva de sensores e interface de monitoramento (Dashboards); • Desenvolvimento em áreas distintas de atuação de projetos AED, porém relacionadas (Dual Technology); • Integração entre pesquisa científica e desenvolvimento tecnológico mais próximos das “práticas de mundo real” (Níveis ME 04, ME 05 e ME 06); • Possibilidade de atuação em “territórios ocupados” e/ou criação de territórios híbridos de atuação (pela disponibilização de tecnologia digital). | |
| Propostas e objetivos | <ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver um sistema (produto, aplicativo e interface) de monitoramento escalar e adaptável: <ul style="list-style-type: none"> - para áreas de controle ambiental; - para edificações tombadas pelo Patrimônio Cultural; • Desenvolver produtos industriais adequados aos usos, integrando os grupos de pesquisa CNPq IGNIS e LADE - UFMG; | |

| | |
|------------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver um produto reunindo universidade-empresa: <ul style="list-style-type: none"> - os sensores térmicos com atuação como pontos Mesh Net de monitoramento; • Desenvolver (posteriormente) a interface de controle remoto (dashboard); • Buscar os processos de proteção da ideia e testar os tempos de disponibilização da propriedade intelectual (validando a definição do tempo de implementação para os Projetos de Futuro Próximo). |
| Discussões | <ul style="list-style-type: none"> • Compreender os processos de definição da necessidade de projetos a partir de eventos “de mundo real”, validando desenvolvimentos emergenciais de aplicação imediata; • Compreender as possibilidades de desenvolvimento de tecnologias digitais que ampliem a atuação e o desempenho dos projetos AED (como a preservação de edificações tombadas); • Compreender o comportamento dos usuários através da disponibilização de tecnologia digital, como bombeiros, moradores de áreas protegidas, brigadistas, visitantes de museus, moradores de edificações tombadas etc. (território híbrido ocupado). |



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024,

O desenvolvimento de uma rede de sensores para monitoramento e alerta antecipado de incêndios surge da constatação do aumento dos focos de incêndios no país. Alinhando os objetivos da pesquisa quanto à apropriação e uso das tecnologias digitais, foi proposto um projeto que pudesse atender, em futuro próximo, a demanda por controle para tal problema.

Abordagens adicionais foram incorporadas ao projeto, como: a) a prioridade da pesquisa acadêmica, reunido Design e Ciência do Incêndio, b) o desenvolvimento de

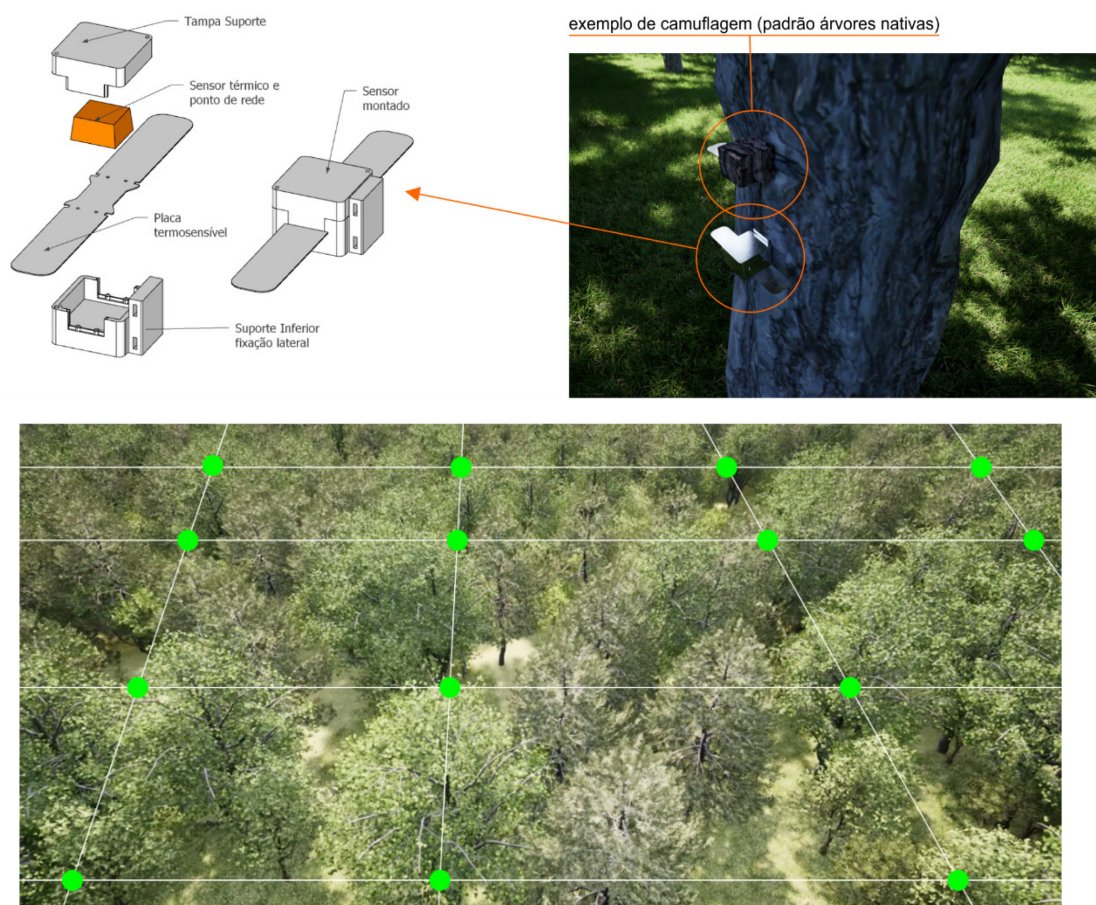
tecnologia dual, c) a intenção de pedido de proteção intelectual, d) o desenvolvimento conjunto de um sensor específico, e) a possibilidade de extensão para uma empresa de produção, f) a possibilidade da criação de territórios híbridos de atuação de TDs e g) a extensão do uso para um número maior de atores.

Importante citar a decisão por um desenvolvimento aplicável em territórios distintos (áreas de proteção ambiental e edificações de proteção patrimonial), mas que a possuísse um relevante grau de herança, validando a característica de interrelação-cumulativa das TDs.

Descritivo técnico do sistema de monitoramento para alerta antecipado:

Os sensores desenvolvidos funcionarão como pontos de medição de variação de temperatura e ponto de uma rede de monitoramento.

Figura 93 – Sensor térmico e ponto de rede. Exemplo de montagem nas árvores e distribuição da rede de sensores na área protegida



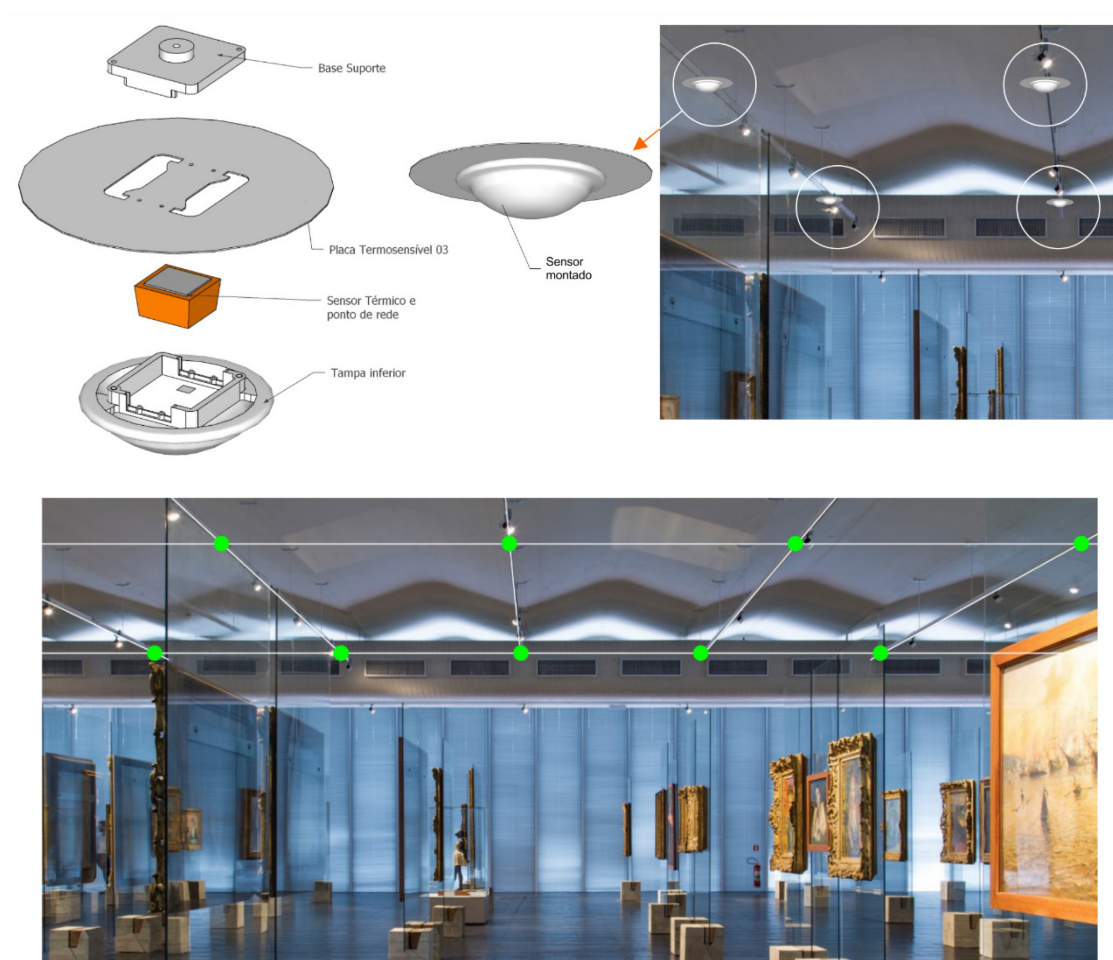
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024,

Uma grade de sensores é montada, fixando-os em árvores a uma distância que define a área de medição e transmissão do sinal de rede.

Os sensores possuem proteção contra intempéries e indicadores remotos de vida útil de baterias, garantindo o funcionamento remoto com medições em tempo real e por longos períodos entre manutenções.

Mudanças bruscas na temperatura da área monitorada são captadas e transmitidas remotamente para um painel de controle, atuando alarmes para o início de ações de combate. Dashboards auxiliares poderão ser utilizados por pessoas que atuam na vigilância, bem como em veículos dedicados ao combate (caminhões, helicópteros etc.).

Figura 94 – Sensor térmico e ponto de rede. Exemplo de montagem no teto e distribuição da rede de sensores na sala de um museu



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024, sobre fotografia de Romullo Baratto, Archdaily

Um desenho industrial específico permite a instalação do mesmo sistema em edificações tombadas, funcionando da mesma forma, oferecendo o mesmo grau de monitoramento e controle.

Esse projeto encontra-se em desenvolvimento e sua fase atual cuida do pedido de proteção para o desenho industrial. Em paralelo, são desenvolvidas ações para a definição de parceria entre os grupos de pesquisa, a UFMG e a empresa fabricante de sensores para o desenvolvimento de uma versão específica de monitoramento térmico, de custo menor, adequado à necessidade de grandes quantidades para montagem das redes *meshes*. Os dashboards e os algoritmos relacionados serão desenvolvidos na sequência do projeto. As Figura 99 e 100 apresentam os sensores de monitoramento de alerta antecipado de incêndio, suas formas de montagem e representação dos pontos de rede.

As Figura 93 e Figura 94 apresentam os sensores de monitoramento de alerta antecipado de incêndio, suas formas de montagem e representação dos pontos de rede.

CONCLUSÕES

14 Conclusões

Cinco aspectos gerais permearam toda a pesquisa: a) a abordagem da distinção entre as Ciências e o desenvolvimento tecnológico; b) o domínio da tecnologia digital; c) o impacto das mudanças comportamentais causadas; d) o papel do projeto (práticas e projetistas) na contemporaneidade desse cenário; e) a complexidade sistêmica envolvida nos aspectos anteriores.

Uma das propostas fundamentais da pesquisa trouxe para a **prática projetual** o importante papel de atuação como **linguagem** de adequação que abarcasse, sem grandes problemas, temas distintos, porém relacionados, como a necessidade emergente de uma ciência que tratasse diretamente do artificial, a compreensão do caráter de interdisciplinaridade natural das TDs e as possibilidades de atuação transdisciplinar para os resultados dos projetos.

É importante citar que o atual cenário de tecnologia distribuída levanta preocupação quanto ao entendimento de que envolver qualquer questão relacionada ao auxílio das TDs dos projetos sem uma abordagem da complexidade sistêmica representaria uma visão já ultrapassada de tempos de pré-interligação por rede mundial e de ambientes construídos sem ações ubíquas. Essa digitalização e virtualização dos objetos e das ações de mundo real representam os principais atributos de uma “interdisciplinarização” fluida das práticas de pesquisa e de desenvolvimento de projetos atuais. A necessidade de uma abordagem de complexidade válida para o entorno do cenário descrito exigiu que inúmeros modelos de conceito fossem desenvolvidos ao longo da pesquisa, destacados pelos infográficos e quadros de referências apresentadas. Para cada quadro ou infográfico apresentado existe um modelo de complexidade que foi previa e sistemicamente “modelado” a partir das referências bibliográficas utilizadas, das interferências e abordagens do pesquisador e dos alinhamentos traçados pelas proposições e hipóteses apresentadas.

Outro ponto importante para se destacar é que o desenvolvimento desses modelos de complexidade propiciou validações sobre critérios de desenvolvimentos das atuais TDs e para a definição do paradigma vigente e a identificação dos níveis de compartilhamento dos conhecimentos.

Ao se tratar dos projetos, compreende-se que estes já não atuam mais em cenários estáticos, mas naqueles em constante e rápida transformação, desde que os sistemas

digitais de auxílio foram disponibilizados e passaram a atuar como intermediadores de novos cenários virtualizados, simulados e compartilhados. O termo “conceito de projeto” não mais pode ser definido nem pelos critérios de poucos anos atrás nem pelos critérios das metodologias atuais de desenvolvimento ou gestão. Tal mudança não aconteceu somente dentro dos limites de atuação dos projetistas, sendo ela muito maior, sistêmica e multidisciplinar, afetando as diversas profissões (criando-as ou eliminando-as), os comportamentos, as formas de trabalho, de ensino e de aprendizagem e até mesmo a forma de pensar a sociedade. Tudo isso acontecendo de uma forma curiosa, pois até hoje se discute se os resultados dos desenvolvimentos das TDs são benéficos ou não.

A exigência de visão sistêmica, reforçando a noção de que tudo está conectado e evoluindo de forma integradora, exigiu um aprofundamento da pesquisa do contexto histórico relacionado às discussões filosóficas sobre a evolução da Ciência e o desenvolvimento tecnológico. Focou-se em discussões que trouxeram sustentação para uma “estratégica divisão” dos interesses relacionados à identificação dos problemas que definiriam e/ou autorizariam as “aberturas das pesquisas científicas” que atenderiam, de forma positiva, o planeta e seus habitantes. O ponto histórico e o pensamento científico que marcaram a separação estratégica foram identificados a partir do paradigma de Thomas Khun. Esse modelo paradigmático se mostrou ideal para um nivelamento conceitual epistemológico-metodológico, a partir do qual um novo perfil contemporâneo de projetos surgiu. É importante observar que a proposta de Thomas Khun não pregava imediatamente a distinção da instância Ciência da instância tecnologia, considerando-as intimamente relacionadas. Porém, foi nesse exato momento que parte da discussão filosófica se derivou em alinhamento ao contexto militar do período, criando base conceitual válida para propostas de desenvolvimentos de tecnologia que atenderiam a programas específicos de segurança e defesa. Foi uma sucessão de adaptações feitas por pensadores contemporâneos a Khun que criaram a possibilidade de uma aproximação conceitual com as políticas de segurança que validou um caminho alternativo para o desenvolvimento tecnológico.

Na verdade, pode-se concluir que não se trata de uma “estratégica separação”, mas da obtenção de uma forma de priorização de desenvolvimento para determinados tipos de tecnologia. Desenvolver **tecnologias de propósito dual** se mostrou

extremamente interessante, pois poderia propiciar tanto a solução dos problemas do mundo quanto as soluções para o manutenção das necessidades do setor de segurança e defesa. Abordar de forma intensiva as relações existentes entre ciência e tecnologia digital intermediada por tecnologias militares, mostrou-se relevante, primeiramente, por propiciar a identificação dos níveis de transferência de conhecimento das TDs e, depois, por expor a forma como os desenvolvimentos das tecnologias duais atuam no mundo real. Deve-se também considerar um certo grau de ineditismo da pesquisa na abordagem do desenvolvimento dessas **tecnologias de duplo uso** e das relações com a **aplicação em projetos de AED assistidos por TDs**. A compreensão da estrutura de desenvolvimento exigida pelo setor de segurança e defesa foi relevante para a estruturação de parte do *framework* final.

A análise dos desenvolvimentos de tecnologias de dupla aplicação também trouxe questões relacionadas à propriedade e autoria, à disponibilização e à apropriação das TDs. Alguns processos de proteção de autoria e de tempos para obtenção de relevância acadêmica são agentes desse fenômeno, demonstrando potencial de fragmentação da disponibilidade. Torna-se necessária a conscientização sobre quais TDs podem ser efetivamente utilizadas na solução dos problemas de usabilidade.

Visando a compreensão desse processo, foram elaboradas hipóteses sobre as mudanças provocadas em toda a cadeia de pesquisa e de projetos que as utilizem, propondo a necessidade de se desenvolver abordagens que auxiliem na compreensão das aplicações e das disponibilidades das TDs, ou seja, criar uma representação da real estruturação da evolução e das possibilidades de uso das tecnologias disponíveis passíveis de aplicação em desenvolvimento e implementação de curto prazo. Também se mostrava necessário compreender como as TDs eram disponibilizadas de forma fragmentada, muitas vezes associadas a coisas novas e a inovadoras soluções.

A estruturação por **Classes de TDs** apresentada representou a identificação da disponibilidade de uma TD específica para cada um dos processos necessários aos desenvolvimentos de projetos, que, por exemplo, poderiam ser relacionado ao meio-ambiente, a testes de serviço, ao desenvolvimento de uma automação. Demonstrou-se como as TDs podem ser integradas, quais são seus perfis de atuação, suas similaridades e suas disponibilidades. Isso, para a solução de problemas de projetos, muito além de discursos de inovação do mercado.

A estruturação das classes de TDs disponíveis, bem como sua aplicação efetiva nas fases de conceituação e desenvolvimento, também representa outro ponto relevante desta pesquisa. Isso em função da distinção dada às TDs, propiciando a demonstração dos domínios e limites de atuação dos projetistas de AED. Considerar que a tecnologia digital representa o principal papel de integração de todas as disciplinas relacionadas reforça a validade da proposição feita pela pesquisa quanto ao fluxo dinâmico e integrador de um projeto que terá como resultado a entrega de um produto transdisciplinar, definindo que todo desenvolvimento de projeto poderá ser percebido como um **fluxo interdisciplinar** de ações de solução de problemas intermediadas por TDs, cujo resultado será um **artefato transdisciplinar**. Conseqüentemente, pode-se atribuir às TDs de auxílio ao projeto o definitivo papel de interface interdisciplinar para os processos de pesquisa e projeto. Esse lugar proposto é abrangente, o que dá garantias de atuação para qualquer que seja a natureza da pesquisa ou estrutura do projeto

Abordando oportunamente os processos de gerenciamento dos projetos, é relevante citar que o desenvolvimento de soluções de problemas tem relações diretas com a estruturação organizadora desses problemas. Porém, essa organização não pode ser desvinculada de uma natureza preditiva da ciência baseada em pesquisas de natureza exploratória descritiva ou explicativa, indicando a necessidade de uma base epistemológica ou um método que possa ser aplicado para a obtenção dos artefatos no final dos desenvolvimentos.

Um dos problemas identificados se relaciona com as formas contemporâneas vigentes de se abordar os projetos e sua gestão. Em função da disponibilidade, do uso e, até mesmo, da dependência das TDs de auxílio, torna-se necessário uma otimização e uma reestruturação na forma como os projetos são vistos e representados. Visando a compreensão desse processo, foi elaborada hipótese sobre as exigências de mudanças e de critérios para a adoção de uma reestruturação dos processos de planejamento e gestão dos projetos e da sobreposição das camadas de tecnologias digitais. Mas tal processo não deveria competir com as práticas de gestão já validadas. Portanto, foi necessário adotar uma proposta de reestruturação por **herança**, com suporte no aproveitamento e valorização de todo o conhecimento vigente na área, porém implementando adaptações de otimização para o uso das TDs relacionadas.

Toda a reestruturação de aplicações de TDs acrescentadas na Camada da Estrutura Convencional de Projeto. As camadas de adição de TDs, de ciber-físicos e de associação com os modelos de IA representam um dos principais fatores para adaptação de uso do modelo PpFP nos métodos e ferramentas de gestão existentes. Essa adequação representa o processo de incrementação das camadas de TDs alinhado a um dos princípios clássicos do planejamento de projetos que é a divisão em fases menores controláveis.

É importante citar que uma das principais relevâncias, quanto ao alinhamento com as práticas vigentes de gestão, está na abordagem pela análise por camadas para o **desenvolvimento dos conceitos de projeto**. A abordagem propõe uma atuação de forma sistêmica nas definições do conceito em uma **fase anterior a da geração do escopo**. A ideia é a “construção” de um conceito a partir de uma análise realmente sistêmica.

O princípio de funcionamento sistêmico se baseia na atuação do projeto em um cenário imerso e integrado por tecnologias acessíveis, sendo que a identificação de um problema se dá a partir da distinção de um território localizado para o qual será implementada a solução. Para compreender como se daria tal atuação, foi necessário desenvolver uma representação da estrutura da complexidade sistêmica de forma a se conseguir dar visualização aos domínios e limites dos sistemas envolvidos. Essa estrutura de camadas proposta também permite a definição de um fluxo que propicia esse controle.

Na estrutura, a ordem das camadas é importante e prevê, a partir da camada superior, uma ordenação para análise que abrange a complexidade do projeto e de seu entorno. Por esse motivo, a primeira camada de análise proposta é a da Ciência, o que garante, no processo de conceituação, uma integração da pesquisa e do desenvolvimento do projeto com as TDs disponíveis, garantindo o acompanhamento da evolução destas. O *framework* apresentado é dividido em dois blocos de atuação nos quais o primeiro possibilita ações que analisem a Ciência, os territórios, o meio ambiente, a sociedade e os intervenientes, atuando sobre as definições conceituais dos projetos, indicando de forma sistêmica a temporalidade, os problemas e as dimensões de atuação.

No segundo bloco, a partir do conceito previamente definido, é possível adotar ações de alinhamento com as estruturas formais de projeto, como a definição das fases, dos

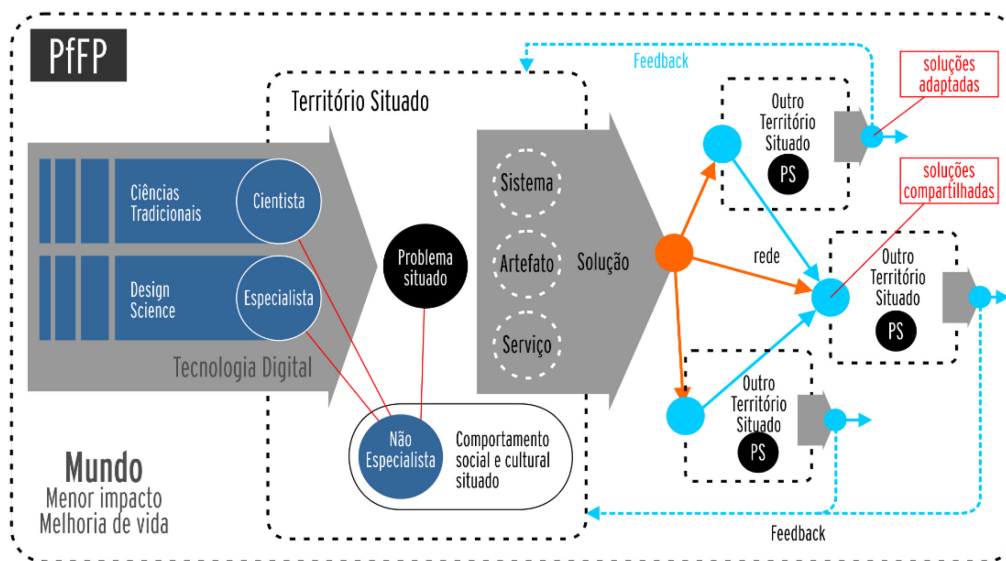
atores, dos processos envolvidos e dos balanços orientados ao menor impacto ambiental.

O resultado obtido caracteriza um tipo de projeto voltado para a implementação e o uso imediato em territórios específicos, utilizando tecnologias hábeis e disponíveis para os projetistas de AED. Esse desenvolvimento conta com o suporte dos Módulos (Ferramentas), que otimiza de forma automatizada a modelagem do entorno sistêmico do projeto a partir da utilização integrada dos conceitos de pensamento computacional, *computation* e *computerization*. Essa prática proposta amplia um pouco mais o grau de ineditismo da abordagem de integração dos processos de planejamento e gestão dos projetos em função da relevante possibilidade dos desenvolvimentos integrados de produto e serviço (PSS), mesmo para projetos menos complexos, como aqueles representados pelas relações Projetista ME05 e Usuários ME06.

A utilização dos Módulos na estruturação PpFP propicia a atualização científica da pesquisa e a automatização das soluções de projeto desenvolvidas. A análise prévia da evolução das TDs aptas para utilização e a estrutura alinhada aos desenvolvimentos de aplicativos dá suporte à possibilidade de transformar resultados em sistemas digitais que possam ser utilizados, compartilhados ou mesmo protegidos intelectualmente. Isso pode ser comprovado pelos exemplos apresentados no tópico 13.4 - *Os testes práticos de desenvolvimento: prescrições e artefatos intermediários*.

Essas soluções, que podem ser classificadas com soluções PSS (sistema de produtos e serviços) proporcionam a possibilidade de atuação sistêmica na identificação de **tarefas valiosas** durante o desenvolvimento dos projetos. Isso ampliaria o número de automatizações intermediárias (algoritmos aplicados) utilizando ou não inteligência artificial estreita (aplicação direcionada), as quais poderiam ser distribuídas, projetando alcance sistêmico de soluções válidas e incrementando redes de soluções práticas para territórios ocupados.

Figura 95 – Framework conceito de atuação PpFP em territórios ocupados com redes de compartilhamentos de tarefas valiosas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024,

A Figura 95 representa os possíveis limites (borda dos sistemas) de aplicação do PpFP de forma localizada com perspectiva de expansão sequencial e construção de uma base compartilhada de soluções de projetos.

Objetivamente, nesse ponto, a pesquisa consegue responder à pergunta de partida proposta que questionava sobre a possibilidade de se representar a complexidade sistêmica associada aos processos projetuais auxiliados pelas TDs disponíveis contemporaneamente, o que evidenciava a necessidade de se propor um novo contexto de projeto.

Apesar da certeza de que a pesquisa atuava em um cenário extremamente complexo, as etapas adotadas, centradas na compreensão do papel de cada um dos tópicos relevantes de análise, mostraram-se válidas. Talvez, o aspecto mais importante a se destacar é que, mesmo abordando uma extensa lista desses tópicos, os modelos de complexidade gerados foram extremamente relevantes na hora de construir a coesão e a coerência do caminho percorrido pela pesquisa. Dificuldades surgiam a todo instante, como, por exemplo, a necessidade de uma investigação profunda do pensamento filosófico sobre a evolução da Ciência a partir da metade do século XX, ou mesmo, a necessidade de uma outra investigação profunda sobre a participação do setor Segurança e Defesa com relação aos projetos e os desenvolvimentos de tecnologias. Porém, conseguir informações suficientes para a compreensão de como

as TDs são disponibilizadas e como os projetistas devem se comportar com relação a isso, mostrou que aquelas imersões foram válidas.

Pode-se citar com exemplo de validação o resultado da análise do universo das tecnologias digitais e a quantidade das classes de TDs identificadas que estão realmente disponíveis para aplicação direta nos projetos de AED.

Atuar a partir de um arranjo de métodos e ferramentas que possibilitaram a construção de representações válidas também se mostrou interessante durante a pesquisa. Foi importante poder testar processos da Ciência do Projeto em concordância com processos da Ciência Tradicional e da Ciência da Informação e desenvolver *frameworks* aplicáveis. Os resultados dos testes realizados, obtidos de forma gradativa durante o tempo de pesquisa, permitiram importantes validações, correções e a identificação de novas possibilidades, como, por exemplo, o desenvolvimento futuro de uma plataforma de disponibilização do método PpFP com uma infraestrutura de base de conhecimento para produto-sistemas e algoritmos aplicáveis, representando um importante nó de uma rede de compartilhamento de resultados.

Como resultado, fica a certeza de ter conseguido ampliar significativamente o conhecimento sobre como lidar com integrações complexas para áreas, métodos e ferramentas distintas, porém inteiramente relacionadas.

Mostra-se de grande importância ter sido possível associar, de modo produtivo, as formas digitais de se desenvolver tecnologia às formas tradicionais de se planejar um projeto. Mas o mais relevante foi conseguir validar um pensamento que definia que os projetos deveriam ser utilizados como linguagem de tradução para novas práticas e inovações disponibilizadas pela evolução das TDs. Os projetistas de AED se mostram como os atores mais relevantes mediante essa transição de comportamentos mediada por tecnologias digitais.

Referências

ABBAGNANO, Nicola – Dicionário de Filosofia. 5ª Edição, **Martins Fontes**, São Paulo. 2007

ACOSTA, M., CORONADO, D., FERRÁNDIZ, E., MARIN, M. R., & MORENO, P. J. - Civil–Military Patents and Technological Knowledge Flows Into the Leading Defense Firms. **Armed Forces & Society**, 46(3), Inter-University Semina on Armed Forces and Society - 2020.
<https://doi.org/10.1177/0095327X18823823>

AGRAWAL, Ajay, GANS, Joshua G. and GOLDFARB Avi - Do we want less automation? AI may provide a path to decrease inequality. **Science**, Vol 381, Issue 6654, pp. 155-158. 2023. DOI: 10.1126/science.adh9429

ALPHABET - Site **Apple Investor Relations**: Acesso em 29 de fevereiro de 2024 - <https://abc.xyz/investor/>

AMARO, J. J. V. – “Sociedades complexas e risco ecológico – epistemologia e meio ambiente na atual teoria de sistemas”. Brasília: **IV Encontro Nacional da ANPPAS**, 2008. p. 11 e 12

AMAZON - Site **Amazon Investor Relations**: Acesso em 29 de fevereiro de 2024 - <https://ir.aboutamazon.com/overview/default.aspx>

ANDER-EGG, Ezequiel - Introducion a las tecnicas de investigation social para trabalho pressociales. 5 Edition, **Humanistas**. Buenos Aires, 1978

ANDERT, Glenn - Object Frameworks in Taligent OS - **IEEE**. 1994

ANSI - **American National Standards Institute**. Acesso em 09 janeiro 2024: <https://www.ansi.org/>

APPLE - Site **Apple Investor Relations**: Acesso em 29 de fevereiro de 2024 - <https://investor.apple.com/investor-relations/default.aspx>

ARENDT, Hannah. Entre o passado e o futuro. São Paulo: **Perspectiva - Debates**, 2016.

ARENDT, Hannah - A condição humana. 10a Edição. **Forense Universitária**. São Paulo. 1998

AUDI, Robert - The Cambridge dictionary of philosophy / edited by Robert Audi. – Third edition - **Cambridge University Press**, 2015

BANAFSA, Ahmed - Quantum Computing and Other Transformative Technologies. River Publishers Series in **Computing and Information Science and Technology** - Routledge Taylor & Francis Group. London. 2023

BANAFSA, Mohammed; SHAYEAA, Ibraheem; IDINB, Jafr; AZMIB, Marwan Hadri; ALASHBIC, Abdulaziz; DARADKEHD, Yousef Ibrahim and ALHAMMADI, Abdulraheb - 6G Mobile Communication Technology: Requirements, Targets, Applications, Challenges, Advantages and Opportunities - **Elsevier – Alexandria Engineering Journal** - FacultyofEngineering,AlexandriaUniversity. 2022

- BARBAROUX, Pierre - Disruptive Technology and Defence Innovation Ecosystems Volume 5. Innovation in Engineering and Technology Set - Coordinated by Dimitri Uzunidis. **Wiley - ISTE Ltd.** London UK. 2019
- BARBOSA, Xênia de Castro e BEZERRA, Ruth Ferreira - Breve introdução à história da Inteligência Artificial, **Revista de História e Humanidades Jamaxi**, v. 4, n. 2, UFAC. 2020
- BASSETI, Vedik and SHIVA, Chandan Kumar - Artificial Intelligence and Machine Learning in Smart City Planning. **Elsevier**. 2023
- BAX, Marcello – Design Science: filosofia da pesquisa em ciência da informação e tecnologia. **Ciência da Informação** v.42, no2, Brasília. 2015
- BELISÁRIO, Adriano e TARIN, Bruno (Editores) - Copyfight, Pirataria e Cultura Livre. Rio de Janeiro. **Beco do Azougue**. 2012
- BERKUN, Scott - The Art of Project Management. **O'Reilly Media**, Inc. USA. 2005
- BIMBER, Bruce. Information and American democracy: Technology in the evolution of political power. **Cambridge University Press**, 2003.
- BLACKBURN, Simon – Oxford Dictionary of Philosophy – Second Edition. **Oxford University Press**. 2005
- BLEECKER, Julian, FOSTER, Nick, GIRARDIN, Fabien and NOVA, Nicolas – The Manual of Design Fiction. **Near Future Laboratory**. Ofset Yapimevi, Turkey. 2022
- BOLLIER, David and HELFRICH, Silke - The wealth of the commons: a world beyond market and state. **The Commons Strategies Group. Levellers Press**. Armherst. 2012
- BONSIEPE, Gui - Design: do material ao digital. _____, 1997
- BOOTHROYD, Geoffrey, DEWHURST, Peter and KNIGHT, Wisnton - Product Design for Manufacture and Assembly, Third Edition. **CRC Press Taylor et Francis Group**. New York. 2015
- BORCHARDT, Mirian, SELITTO M. Afonso e PEREIRA, G. Medeiros. Sistemas Produto-Serviço: referencial teórico e direções para futuras pesquisas. **Produção Online** v.10, n.4. Campinas, 2010
- BOTTONMORE, T. Dicionário do Pensamento Marxista. p. 454, 2001
- BRANDON, Dan – Project management for modern information system. **Idea Group Inc.**, ISBN 1-59140-695-1 (ebook : alk. paper), United Kingdom. 2006
- BOSTROM, A. Nick. Superintelligence: paths, dangers, strategies. CHOICE: **Current Reviews for Academic Libraries**, v. 52, n. 7, p. 1167-1168, 2015.
- BROOKS, Jessica – Thinking in Patterns: a brief into to Pattern Recognition. Tech-Based Teaching: Computational Thinking. **Medium**: <https://medium.com/tech-based-teaching/thinking-in-patterns-a-brief-intro-to-pattern-recognition-4c33258acad> - Acesso em 07 setembro 2020.

BRYDEN, D. - CAD and rapid prototyping for product design. **Laurence King Publishing**. London. 2014

CAI, Hongwei, AO, Zheng, TIAN, Chunhui, WU, Zhuhao, LIU, Hongcheng, TCHIEU, Jason, GU, Mingxia, MACKIE, Ken and GUO, Feng - Brain organoid reservoir computing for artificial intelligence. **Nature Electronics Magazine** - DOI: 10.1038/s41928-023-01069-w. Acesso: <https://www.nature.com/articles/s41928-023-01069-w> - 2023

CASTELLS, Manuel. Vol. I: The rise of the network society. 2000.

CATLING, Robin - The essential short guide to PRINCE2: introducing projects in controlled environments. **Proactivy Press. Devon**, UK. 2021

CHACALTANA, Juan, MATTOS, Fernanda Barcia de E GARCIA, Juan Manuel - New technologies, e-government and informality. ILO – **International Labour Organization**. 2024

CHALMERS, Alan. O Que e Ciência Afinal? São Paulo: **Brasiliense**, 1993. 210 p. Traduao de Raul Filker. Disponível em: http://www.nelsonreyes.com.br/A.F.Chalmers_-_O_que_e_cien-cia_afinal.pdf -. Acesso em: 21DEZ2019.

CHECKLAND, Peter - Soft Systems Methodology: A Thirty Year Retrospective - **Systems Research and Behavioral Science** 17, S11–S58. 2000

CHEN, Wenbin; SONG, Lekai; WANG, Shengbo; ZHANG, Zhiyuan; WANG, Guanyu; HU, Guohua and GAO, Shuo - Essential Characteristics of Memristors for Neuromorphic Computing (review). **Advance Electronic Materials. School of Instrumentation and Optoelectronic Engineering** Beihang University - Wiley-VCH GmbH. 2022

CHEN, Wenbinn, SONG, Lekai, WANG, Shengbo, ZHANG, Zhiyuan, WANG, Guanyu, HU, Guohua and GAO, Shuo - Essential Characteristics of Memristors for Neuromorphic Computing. **Advanced Electronic Materials – Wiley - VCH GmbH**. 2023

CHEN, Xi, MAO, Jin, MA, Yaxue E LI, Gang – The knowledge linkage between science and technology influences corporate technological innovation: Evidence from scientific publications and patents - **Technological Forecasting & Social Change** 198. Elsevier, 2024

CHIBENI, Silvio - Kuhn e a estrutura das revoluoes científicas - Notas de aula elaboradas em 1990 e revisadas em 2020 - **Departamento de Filosofia – IFCH - Universidade Estadual de Campinas**. Disponível em: www.unicamp.br/~chibeni. Acessado em 20DEZ2019

CHOMNSKY, Noan - A linguística como uma ciência natural - Entrevista (Carlos Fausto). **SciELO, Mana - Revista de Antropologia Social** n.3, outubro 1997.

CHRISTENSEN, Clayton - Disruptive Technologies Catching the Wave, **Harvard Business Review**: P 3, Cambridge, MA, 1995.

CHRISTENSEN, Clayton – O Dilema da Inovaao: quando as novas tecnologias levam empresas ao fracasso, **M. Books do Brasil Editora Ltda.**, São Paulo, 2012.

COLE, J. The great american university. - Source: Bulletin of the American **Academy of Arts and Sciences, Spring**, Vol. 64, No. 3, 2011

COLLIN, S. M. H. - Dictionary of Computing - Fifth Edition. **Bloomsbury Publishing** Plc. London, 2004

COUGO, Paulo Sérgio. Modelagem conceitual e projeto de banco de dados. Rio de Janeiro: **Campus**, 1997.

CUBILLOS, Julian - Mudanças dos signos utilizados na mediação analógica para a digital, no processo de projeto de arquitetura de Achim Menges. **Acta Semiotica et Linguistica**. V. 22 N. 2 (2017). Programa de Pós-Graduação em Letras – PPGL/UFPB.

CUSTERS, Bart (Editor) - The Future of Drone Use: Opportunities and Threats from Ethical and Legal Perspectives - **Asser Press - Springer**. DOI 10.1007/978-94-6265-132-6. 2016

DALENOGARE, Lucas, BENITEZA, Guilherme, AYALAB, Néstor e FRANKA, Alejandro - The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. **International Journal of Production Economics 204. Elsevier**, 2018

DARPA - Program/Systems/Algorithm – **Site** - Acesso em 10 de fevereiro de 2024 em <https://www.darpa.mil/>

DARPA – Program/Systems/RACER – **Site** - Acesso em 10 de fevereiro de 2024 em <https://www.darpa.mil/program/robotic-autonomy-in-complex-environments-with-resiliency>

DAVIES, David - Defence research: dual use or dual use technology? - **Defence Research - Engineering Journal** - October 1994

DENNING, Peter - Computational Thinking in Science: The computer revolution has profoundly affected how we think about science. experimentation, and research. **Sigma Xi, The Scientific Research Society**. Reproduction 2017.

DENNING, Peter and TEDRE, Matti - Computational Thinking. The **MIT Press Essential Knowledge Series. MIT Press**, London. 2019

DESIGN COUNCIL - Systemic Design Framework. **Site** oficial: Acesso em 20 de novembro de 2023 - <https://www.designcouncil.org.uk/our-resources/systemic-design-framework/>

DIAS, Elizabeth de Assis - O papel dos programas de investigação metafísica no avanço da ciência no pensamento de Popper. **Disputatio. Philosophical Research Bulletin** Vol. 12, No. 24, , pp. 205–225. Madri, 2023

DICIONÁRIO OXFORD, English Dictionary - Simulation (online version). 2023. **Site** - Acesso: https://www.oed.com/dictionary/simulation_n?tab=factsheet&tl=true

DITTMANN, Karen, DIRBANIS, Kosntantin and MEIER, Tinka - Project Management (IPMA): study guide for Level D and Basic Certificate (GPM). **Haufe**. 2021

DOMKIN, Vsevolod - Programming Algorithms in Lisp: Writing Efficient Programs with Examples in ANSI Common Lisp. **Apress**. Ukraine. 2021

- DORE, C. and MURPHY, M. - Integration of Historic Building Information Modeling (HBIM) and 3D GIS for Recording and Managing Cultural Heritage Sites. **Literature Review - IEEE**. DOI 978-1-4673-2565-3/12/\$31.00. 2012
- DOUZET, Frederick - Understanding Cyberspace with Geopolitics. **Hérodote** Volume 152-153, Issue 1-2, 2014
- DRESCH, Aline, LACERDA, Daniel Pacheco, ANTUNES JUNIOR, José Antônio V. - Design Science Research: método de pesquisa para avanço da Ciência e Tecnologia. **Bookman Editora**, São Paulo. 2015
- DREXLER, Eric - Engines of Creation 2.0: The coming Era of Nanotechnology. Twentieth Anniversary Edition. **American Chemical Society**. 2006
- DREXLER, Eric - Radical Abundance: How a Revolution in Nanotechnology: will change civilization. **Public Affairs**, New York, 2013.
- DUNNE, Anthony - Hertzian tales : electronic products, aesthetic experience, and critical design - Revised Edition. **The MIT Press**, Cambridge. 2005
- ELIOTE, Guilherme, LEITE, Fernanda and RAUSCH, Christopher - Design for Disassembly in the Construction Industry: Success Factors and Computing. Tools. **ASCE Library Computing in Civil Engineering**. 2023
- EVANS, W.J.- The impact of technology on US deterrence forces. **Strategic Review**, Washington, D.C., v.4, 1976.
- FELIX, Marco - Veículos autônomos e a logística 4.0: uma visão geral. **ENGRXIV - Engineering Archive**. Acesso: <https://engrxiv.org/preprint/view/2331>. 2022
- FERNÁNDEZ-VIGO, J. A. e KUDSIEH, B. - Pesquisa científica versus pesquisa tecnológica. Um esclarecimento necessário – **Archsocespofthalmo n1. - Sociedad Española de Oftalmología - Elsevier** España, S.L.U. Acessado em 02 de agosto 2023: <https://doi.org/10.1016/j.offtale.2023.06.006>
- FEYERABEND, Paul - Against method – 3rd Edition – **Verso - New Left Book** – London, 1993
- FULLER, Steve - Khun vs Popper: the struggle for the soul of science. **Revolutions In Science, Icon Books**, UK, 2003
- GAMMA, Eric, HELM, Richard, JOHNSON, Ralph and VLISSIDES, John - Design Patterns: Elements of reusable Object-Oriented Software. **Addison-Wesley Professional Computing Series**. Pearson Education Corporate, Indianapolis. 1995
- GAVAGHAN, Helen - EU ends 10-year battle over Biopatents. **Science Magazine**, Vol. 280. May 1998. Acesso: www.science.org em 17 maio de 2021.
- GIBBONS, Michael - LIMOGES, Camille, NOWOTNY, Helga, SCHWARTZMAN, Simon, SCOTT, Peter AND TROW, Martin - The New Production of Knowledge: **The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies**. **SAGE Publications**, 1994

GIL, Antonio Carlos – Como elaborar projetos de pesquisa – 4ª Edição, **Editora Atlas AS**, São Paulo, 2002

GOMES, Leonardo e FRANCO, Andrea - Identificação de pontos de controle no ciclo de desenvolvimento de produto por meio de modelagem conceitual e mapeamento da informação. **Gestão & Produção.**, São Carlos, v. 21, 2014

GOMEZ, Christopher - Point Cloud Technologies for Geomorphologists From Data Acquisition to Processing. Textbooks in **Earth Sciences, Geography and Environment - Springer**. Cham, Switzerland. 2022

GOODFELLOW, Ian, BENGIO, Yoshua e COURVILLE, Aaron - Deep Learning. Disponível em www.deeplearningbook.org. 2015

GRAWITZ, Madeleine – Métodos y Técnicas de las Ciencias Sociales – **Tomo I. Editorial Hispano Europea**, Barcelona. 1975

GRIFFIN, Abbie and PAGE, Albert - PDMA Success Measurement Projeto: recommended measures for **Product Development Success and Failure**. 1996

GRUSCZAK, Artur and FRANKOWSKI, Pawel - Technology, Ethics and the Protocols of Modern War. Serie Emerging Technologies, Ethics and International Affairs. **Routledge. Taylor & Francis Group**. London and New York. 2018

GU, Jindong et al. A systematic survey of prompt engineering on vision-language foundation models. **arXiv** :2307.12980, 2023.

GUICHARD, Renelle - Suggested repositioning of defence R&D within the French system of innovation. Technovation 25 - **Elsevier Scient Direct**. 2005. Available online at www.sciencedirect.com. Acesso em 15 setembro 2022.

GUO, Y. B.; LIU, C. R. 3D FEA modeling of hard turning. **J. Manuf. Sci. Eng.**, v. 124, n. 2, p. 189-199, 2002.

HACKING, Ian. Representar e Intervir: Tópicos Introdutórios de Filosofia da Ciência natural. Rio de Janeiro: **EDUERJ**, 2012.

HAESBAERT, Rogério. O mito da desterritorialização: do “fim dos territórios” à multiterritorialidade. 4ed. Rio de Janeiro: **Bertrand Brasil**, 2009.

HAGUETTE, Teresa Maria Frota. Metodologias Qualitativas na Sociologia. 14ª Edição. **Editora Vozes**. Petrópolis. 2013

HAN, Byung-Chul. Sociedade da Transparência; tradução de Enio Paulo Giachini. **Edição Digital** – Petrópolis, RJ: Vozes, 2017.

HAN, Byung-Chul. Sociedade do Cansaço; tradução de Enio Paulo Giachini. 2ª edição ampliada – Petrópolis, RJ: **Vozes**, 2017.

HASSLER, R.; GOEBEL, H. Uneasiness about technological progress - **Armed Forces. Military Review**, Kansas, v.62, n.10, p.66, Oct. 1982.

HALPIN, Terry. - Object-role modeling workbook: Data modeling exercises using ORM and NORMA. **Technics Publications**, 2016.

HELFRICH, Silke and BOLLIER, David - Free, fair, and alive : the insurgent power of the commons. **New Society Publisher**, Canada. 2019

HERMANRIJ, John - Better Practices of Project Management based on IPMA Competences - ICB Version 4. 4th revised edition. **Van Haren Publishing (VHP)**. Nederlands. 2016

HEVNER, A. R., MARCH, Salvatore, PARK, Jinsoo and RAM, Sudha – **Design Science in Information systems Research**. MIS Quartely, v.28, no 1. 2004

HINDE, David - PRINCE2 Study Guide. Third Edition - 2017 Update. **Axelos - Orgtopia**. 2021

HIRST, Sally - Biopatents: a sense of order. **Tibtech, Elsevier Science Publishers Ltd**. August 1992, Volume 10.. UK. 1992

HUI, Yuk - Technodiversidade – Tradução Humberto Amaral. Coleção Exit - **Ubu Editora**. São Paulo. 2020

INGRAM, Jonathan - Understanding BIM: the past, present an future. **Routledge Taylor & Francis Group**. Abingdon. 2020

IRENA, International Renewable Energy Agency - Renewable Capacity Statistics 2023, Abu Dhabi, 2023

ISO - International Organization for Standardization - ISO 21500:2021 - Project, programme and portfolio management. Context and concepts. **Site**. Acesso em 09 janeiro 2024:
<https://www.iso.org/standard/75704.html>

ISO - International Organization for Standardization. **Site** - Acesso em 09 janeiro 2024:
<https://www.iso.org/home.html>

JIN, Hanlei, ZHANG, Yang, MENG, Dan, WANG, Jun and TAN, Jinghua - A Comprehensive Survey on Process-Oriented Automatic Text Summarization with Exploration of LLM-Based Methods. IEEE Transactions On Knowledge and Data Engineering - **ARXiv** - Cornell University. 2024

JOHNSON, Ralph E, - How frameworks compare to other object-oriented reuse techniques. Frameworks = components + patterns. **Communicate of the CAM**, October 1997. Vol 40, No 10. 1997

JOLIVET, Regis – Vocabulário de Filosofia, seguido de um quadro das Escolas de Filosofia. **Livraria Agir Editora**, Rio de Janeiro, 1975.

KALBACH, Jim – Mapeamento de Experiência: um guia para criar valor por meio de jornadas, blueprints e diagramas. O'Reilly – **Alta Books Editora**. Rio de Janeiro. 2017

KELLY, Kelvin - Inevitável: as 12 forças tecnológicas que mudarão o nosso mundo. Tradução de Cristina Yamagami. **HSM**, São Paulo, Brasil. 2017

KHOSROW-POUR, Mehdi - Encyclopedia of information science and technology. **Idea Group Reference**. Hershey, USA. 2005

KIRILLOVA, Elena A. et al. The Internet of things: Trends and development prospects. **Management**, 2021.

KISSINGER, Henry A., SCHMIDT, Eric and HUTTENLOCHER, Daniel - The Age of A.I. and our human future. **John Murray Press**. Great Britain, 2021

KOSHLAND, D. E. (2007). The Cha-Cha-Cha theory of scientific discovery. **Science**, 317(5839), 761–762. Acesso: <https://doi.org/10.1126/science.1147166> em 06 de janeiro de 2023

KUHN, Thomas Samuel – Reflexões sobre meus críticos. In LAKATOS, Imre e MUSGRAVE, Alan - A crítica e desenvolvimento do conhecimento. Quarto volume das atas do Colóquio Internacional sobre Filosofia da Ciência. **Cultrix - Editora Universidade de São Paulo**, São Paulo, 1979.

KUHN, Thomas Samuel - The Structure of Scientific Revolutions. 3. ed. Chicago and London: **The University of Chicago Press**, 1996.

KUMPULAINEN, Samu and TERZIYAN, Vagan - Artificial General Intelligence vs. Industry 4.0: Do They Need Each Other? 3rd International Conference on Industry 4.0 and Smart Manufacturing. **ScienceDirect Procedia Computer Science** 200 - Elsevier. 2022

KURZWEIL, Ray - A Singularidade está próxima: quando os humanos transcendem a biologia - Tradução de Ana Goldberger. **Itaú Cultural e Editora Iluminuras**. 2018

LAKATOS, Imre e MUSGRAVE, Alan - A crítica e desenvolvimento do conhecimento. Quarto volume das atas do Colóquio Internacional sobre Filosofia da Ciência. **Cultrix - Editora Universidade de São Paulo, São Paulo**, 1979.

LAKATOS, Imre e MUSGRAVE, Alan - O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa científica - A crítica e o desenvolvimento do conhecimento. Tradução de Octavio Mendes Cajado. São Paulo - **Cultrix Editora - Universidade de Brasília**, 1979

LANDAU, Cecile, SZUDEK, Andrew e TOMLEY, Sarah – O Livro da Filosofia. Tradução Douglas Kim – São Paulo – **Globo**, 2011

LAUDAN, Larry - Progress and Its Problems - Towards a Theory of Scientific. **University of California Press**. Berkeley and Los Angeles, 1978

LAUDAN, Larry, DONOVAN, Arthur, LAUDAN, Rachel, BARKER, Peter, BROWN, Harold, LEPLIN, Jarret, THAGARD, Paul and WYKSTRA, Steve - Dossiê Filosofia da Ciência - Mudanças científicas: modelos filosóficos e pesquisa histórica, **Estudos Avançados** 7(19), _____, 1993

LAUSSELET, Carine, DAHLSTROM, Oddbjorn, THYHOLT, Marit, EGHBALI, Aida and SCHNEIDER-MARIN, Patricia - Methods to Account for Design for Disassembly: Status of the Building Sector. **MDPI Buildings** vol.13 Issue 4. 2023

LE MOIGNE, Jean-Louis – Le Constructivisme – **Fondements**. Paris, ESF, 1994

- LE MOIGNE, Jean-Louis. La modélisation des systèmes complexes. Paris: **Dunod**, 1995.
- LEMOS, Andre - Visibilidade e contrato social em cidades inteligentes: análise preliminar de Glasgow, Curitiba e Bristol, Tópico 1 in MEHL, João Paulo e SILVA, Sivaldo Pereira - Cultura digital, internet e apropriações políticas: Experiências, desafios e horizontes. **Folio Digital: Letra e Imagem, Rio de Janeiro, 2017**.
- LESSIG, Lawrence - The future of ideas: the fate of the commons in a connected world. **Random House**. New York. 2001
- LEVY, Pierre – As tecnologias da inteligência / O futuro do pensamento na era da informática / Pierre Levy; tradução Carlos Irineu da Costa. **Editora 34** Coleção Trans – Rio de Janeiro. 1993
- LEVY, Pierre – Cybercultura / Pierre Levy; tradução Carlos Irineu da Costa – Rio de Janeiro: **Editora 34**, 1999 (Coleção Trans).
- LIU, Fúewen Frank. - Rapid Prototyping and Engineering Applications: A Toolbox for Prototype Development. **CRC Taylor & Francis Group**, New York, 2019.
- LIU, Sifeng, FANG, Zhigeng, SHI, Hongxing and GUO, Benhai - Theory of Science and Technology Transfer and Applications - Systems Evaluation, Prediction, and Decision - Making Series. CRC Press **Taylor & Francis Group**. New York. 2010
- LIU, Chao et al. Improving chatgpt prompt for code generation. **arXiv** preprint arXiv:2305.08360, 2023.
- LOMBARDI, J. V. et al. The top american research universities – 2012. Annual Report. **The Center for Measuring Performance**, 2012
- LONGO, Waldimir Pirró - Ten. Mund. v.3, n.5, julho a dezembro de 2007. Fortaleza, 2007
- LUDEMIR, Teresa - Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina: estado atual e tendências. Estudos Avançados 35, **SciELO Brasil**, 2021.
- LUO, Xianglong et al. Multi-objective optimization for the design and synthesis of utility systems with emission abatement technology concerns. **Applied Energy**, v. 136, p. 1110-1131, 2014.
- MAEDA, John - How to speak Machine: Computational Thinking for the rest of us - Portfolio Penguin - **Penguin Random House LLC**. 2019
- MAHESH, G.; MITTAL, Rekha. Digital content creation and copyright issues. **The Electronic Library**, v. 27, n. 4, p. 676-683, 2009.
- MANO, Vasco Moço - O Progresso na Ciência e o “Politicamente Correto”: Uma reflexão baseada no pensamento de Larry Laudan. **PhilPapers** - Centre of Digital Philosophy - Philosophy Documentation Centre. Obtido em 23 de novembro de 2022 <https://philpapers.org/archive/MANOPN.pdf>
- MARCH, S. T. and SMITH, G. F. - Design and Natural Science Research on Information Technology - **Decision Support System** v.15 – 1995e

MARCH, Salvatore and FISCHER, Gerald - Design and natural Science Research on information technology. **Decision Support Systems** 15, Elsevier. 1995

MARION, James and RICHARDSON, Tracey - Managing projects with PMBOK 7: connecting new principles with old standards. 2nd edition. **BEP Business Expert Press**. New York. 2022

MARSCHNER, Steve and SHUIRLEY, Peter - Fundamentals of Computer Graphics - Fifth Edition. **CRC Press - Taylor & Francis Group**. New York. 2023

MASSEY, Doreen - Space, place and gender. **John Wiley & Sons**, 2013.

MASSONI, Neusa Teresinha - Epistemologias do Século XX – Textos de apoio ao professor de Física. **Programa de Pós-Graduação em Física**, v.16, n.2 – Universidade Federal do Rio grande do Sul, 2005.

MASTERMAN, Margaret. - A Natureza de um Paradigma. In: LAKATOS, Imre e MUSGRAVE, Alan - A crítica e desenvolvimento do conhecimento. Quarto volume das atas do Colóquio Internacional sobre Filosofia da Ciência. **Cultrix - Editora Universidade de São Paulo**, São Paulo, 1979.

MATURANA, R. Humberto - Cognição, ciência e vida cotidiana/ Humberto Maturana; organização e tradução Cristina Magro, Victor Paredes. - Belo Horizonte: **Ed. UFMG**, 2001

MATURANA, R. Humberto e VARELA, G. Francisco - De Máquinas y Seres Vivos: Autopoiesis: la organización de lo vivo, **Quinta Edición, Editora Universitária**, Santiago del Chile, 1998

MAXWELL, Dorothy, SHEATE, William and VAN DER VORST, Rita - Functional and systems aspects of the sustainable product and service development approach for industry. *Journal of Cleaner Production* 14 - 1466 e 1479. **Direct Sciencer. Elsevier**. 2006

McKINSEY, Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy. **McKinsey Global Institute**, 2013

MEADOWS, Dornnela – Thinking in Systems, a primer. **Chelsea Green Publishing**, USA, 2008.

MEADOWS, Mark S. – Nós Robôs: como a ficção científica se torna realidade. **Cultrix**, São Paulo. 2011

MELO, Ana Cristina, Desenvolvendo aplicações com UML 2.0: do conceitual à implementação. Rio de Janeiro: **Editora Brasport**, 2004.

MENGES, Achim - Material Synthesis: Fusing the Physical and the Computational. 1st ed. ISBN 9781118878866. 2009. **Site** - Disponível em:
<https://ebookcentral.proquest.com/lib/ufmgbr/detail.action?docID=4416076>

MENGES, Achim and AHLQUIST, Sean - Computational Design Thinking. **Wiley**, 2011. 224 p. ISBN 978-0-470-6656-7

MENGES, Achim, SHEIL, Bob, GLYNN, Ruairi and SKAVARA, Marilena - Fabricate - Rethinking Design and Construction. University of Stuttgart, Institute for Computational Design and Construction. The Bartlett School of Architecture. **UCL Press**. 2017

META - Site Meta Investor Relations: **Site** - Acesso em 29 de fevereiro de 2024 - <https://investor.fb.com/home/default.aspx>

MICHAELIS, Dicionário online – Acesso: <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/inven%C3%A7%C3%A3o/>, **Site** - 05 de Janeiro de 2021.

MICROSOFT - Site Microsoft Investor Relations: **Site** - Acesso em 29 de fevereiro de 2024 - <https://www.microsoft.com/en-us/Investor/earnings/FY-2023-Q4/press-release-webcast>

MIELKE, Sam - In the Age of AI: How AI and Emerging Technologies Are Disrupting Industries, Lives, and the Future of Work. **New Degree Press**, ISBN 978-1-63730-434-1, 2021

MILLER, Daniel and SLATER, Don - The Internet: an ethnographic approach. **Routledge**, 2020.

MITCHELL, Melaine - Artificial intelligence: a guide for thinking humans. **Penguin**. 2029

MORA, José Ferrater – Dicionario de Filosofia – Tomo Completo – **Editorial Sudamericana**, Buenos Aires, 1978.

MORIN, Edgar - Antropologia dos conhecimentos: por uma globalização plural - Entrevista para o Le Monde publicada no **Folha Mundi** em 31 de março de 2002

MORIN, Edgar – Introdução ao pensamento complexo. **Editora Meridional Ltda.**, Porto Alegre. 2011

MORIN, Edgar - Os sete saberes necessários à educação do futuro. Tradução de Catarina Eleonora F. da Silva e Jeanne Sawaya. 2a. Edição – **UNESCO**, São Paulo. 2000

MORIN, Edgar e LE MOIGNE, Jean-Louis – A Inteligência da Complexidade – 3ª Edição. Tradução: Nurimar Maria Falci. Coleção Nova Consciência - **Editora Peirópolis**. São Paulo. 2000

MORSE, I.H. - New weapons technologies implications for NATO. [S.l.]: **ORBIS**, 1975. p.497.

MOSSBERGER, Karen, TOLBERT, J. Tolbert and STANSBURY, Mary - Virtual Inequality: Beyond the Digital Divide. Georgetown University Press, Washington. 2003. Acesso **Google Books**: https://books.google.com.br/books?hl=en&lr=&id=IEzJIG0ByJgC&oi=fnd&pg=PR9&dq=info:N4DmfQVOBqYJ:scholar.google.com&ots=W7flAJWGAX&sig=yT7ZnLElvZJcdkYSZ1i_PF_6mTs&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

MOTTERLINI, Matteo – For and against Method: including Lakatos's lectures on Scientific Method and the Lakatos-Feyerabend correspondence. **The University of Chicago Press**. Chicago, 1999.

MURUGESAN, San and BOJANOVA, Irena (Eds.) - Encyclopedia of Cloud Computing - **Wiley-IEEE Press**. 2016

NAESS, Arne and JICKLING, Bob - Deep Ecology and Education: A Conversation with Arne Naess - **Canadian Journal of Environmental Education**,5, Spring 2000

NAM, Daye, MACVEAN, Andrew and HELLENDORRN, Vincent - Using an LLM to Help With Code Understanding. ICSE'24: Proceedings of the **IEEE/ACM** 46th International Conference on Software Engineering. 2024

NELSON, Richard and DOSI, Giovanni – An introduction to evolutionary theories in economics. Journal of Evolutionary Economics, **Springer-Verlag**, 1994

NORVIG, Peter. Paradigms of artificial intelligence programming: case studies in Common LISP. **Morgan Kaufmann**, 2014.

NTUN - ZEN Zero Emission Neighbourhoods In Smart Cities - The ZEN Definition: a guideline for the Zero Pilot Areas. **ZEN Report** No. 40. 2022

OCDE – Manual de Oslo: proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento. **FINEP**, São Paulo. 2018

ONU-PNUD – Relatório do Desenvolvimento Humano 2021/2022: Tempos Incertos, vidas instáveis. A construir o nosso futuro num mundo em transformação. Organizações das Nações Unidas – **Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento**. Nova Iorque. 2022

ONU-PNUD – Relatório do Desenvolvimento Humano 2022/2023: Tempos Incertos, vidas instáveis. A construir o nosso futuro num mundo em transformação. Organizações das Nações Unidas – **Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento**. Nova Iorque. 2024

OOMS, Ticho, VANTYGHEM, Gieljam, VAN COILE, Ruben and DE CORTE, Wouter - A parametric modelling strategy for the numerical simulation of 3D concrete printing with complex geometries. **Additive Manufacturing** vol. 38, February 2021

OPEN AI - Generative Models. Link: <https://openai.com/research/generative-models> - **Site** - Acesso em 23 de setembro de 2023

ORFANOS, Vasilios A., KAMINARIS, Stavros D., PAPAGEORGAS, Panagiotis, PIROMOLIS, Dimitrios and KANDRIS, Dionisis Kandris - A Comprehensive Review of IoT Networking Technologies for Smart Home Automation Applications - Special Issue: Applications of Wireless Sensor Networks: The State of the Art and Future Trends - **Journal of Sensor and Actuator Networks**. 2023

OUTWAITE, William e BOTOMMORE, Tom – Dicionário do Pensamento Social do Século XX. Tradução de Eduardo Francisco Alves e Álvaro Cabral. Rio de Janeiro: **Jorge Zahar Editora**, 1996

PENDLEBURY, Michael - Making Sense of Kant's "Critique of Pure Reason". Bloomsbury Academic. **Bloomsbury Publishing Plc**, London. 2022

PETROPOULOS, George P. and SRIVASTAVA, Prashant K. - GPS and GNSS Technology in Geosciences - **Elsevier Publish**. 2021

PIEGL, Les and TILLER, Wayne - The NURBS Book - Second Edition - **Springler**. 1997

PINEAU, Joelle, VICENTE-LAMARRE, Phillipe, SINHA, Koustuv, BEYGELZIMER, Alina, LARIVIÈRE, Vuncent, BUC, Florence d'Alché, FOX, Emily and LAROCHELLE, Hugo - Improving reproducibility in machine learning research: a report from the NerIPS 2019 reproducibility program. **Journal of Machinery Learning Research** 22. 2021

PIRRÓ e LONGO, Waldimir - Tecnologia militar: conceituação, importância e cerceamento. Tensões Mundiais, **Revista UECE**, v. 3, n. 5, p. 111-143, 2007.

PMI - Project Management Institute. **Site** - Acesso em 09 janeiro 2024: <https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/foundational/pmbok>

PMI - The standard for project management and a Guide to the Project Management Body of Knowledge - PMBOK. Global Standard 7th edition. **Project Management Institute Inc. Publisher.** USA. 2021

POPPER, K. R. - Normal science and its dangers. In: LAKATOS, Imre e MUSGRAVE, Alan - A crítica e desenvolvimento do conhecimento. Quarto volume das atas do Colóqui Internacional sobre Filosofia da Ciência. **Cultrix - Editora Universidade de São Paulo**, São Paulo, 1979.

POPPER, Karl - A lógica da pesquisa científica. Tradução Leonidas Hegenberg e Octanny Silveira da Mota. **Editora Cultrix**. São Paulo (2008)

POPPER, Karl - The Myth of the Framework: in defense of science and rationality. Edited by M. A. Notturmo. **Rutledge**, London. 1994

POSTMAN, Neil – Tecnopólio: A rendição da cultura à tecnologia; tradução Reinaldo Guarany, **Editora Nobel**, São Paulo, 1994.

QUIVY, Raymond e CAMPENHOUDT, Luc Van – Manual em Investigação em Ciências Sociais. 4ª Edição. Tradução de João Minhoto Marques, Maria Amália Mendes e Maria Carvalho. - **Gradiva**. Portugal. 2005

RAJI, Inioluwa, HOROWITZ, Aaron, KUMAR, Elizabeth and SELBST, Andrew. The Fallacy of AI Functionality. **ACM** ISBN 978-1-4503-9352-2/2/06. USA. 2022.

RALSTON, Anthony and REILLY, Edwin - Encyclopedia of Computer Science. Third Edition. **Van Nostrand Reinhold**. New York. 1993

RAPP, Hans Reinhard – Cibernética e Teologia: O Homem, Deus e o Número. **Editora Vozes Ltda**. Petrópolis, Rio de Janeiro. 1970

RATH, Johannes, ISCHI, Monique and PERKINS, Dana - Evolution of different Dual-use concepts in International and National Law and its implications on Research Ethics and Governance. **Sci Eng Ethics. Springer Science+Business Media**. Dordrecht. 2014

RAY, Partha - An Introduction to Dew Computing - Definition Concept and Implications. **IEEE** Acess Vol. 6. (2018)

REALE, Giovanni e ANTISERI, Dario- História da filosofia: De Spinoza a Kant – Volume 4 - São Paulo: **Editora Paulus**, 2005. - (Coleção Filosofia)

REALE, Giovanni e ANTISERI, Dario- História da filosofia: Do romantismo até nossos dias – Volume 3 - São Paulo: **Editora Paulus**, 1991. - (Coleção Filosofia)

ROMERO, Fernando e ANDERY, Paulo – Gestão de Megaprojetos: uma abordagem LEAN. **Brasport**. Rio de Janeiro. 2016

RUSSELL, Stuart and NORVIG, Peter - Artificial Intelligence: A Modern Approach. Third Edition. **Prentice Hall - Pearson**. New Jersey. 2010

SAHOO, Pranab et al. A systematic survey of prompt engineering in large language models: Techniques and applications. arXiv preprint **arXiv:2402.07927**, 2024

SAKAO, Tomohiko and LINDAHL, Mattias Lindahl - Introduction to Product/Service-System Design. **Springer-Verlag** London Limited. 2009

SALIH, Azar; ZEEBAREE, Subhi; ABDULRAHEEN, Ahmed; ZEBARI, Rizagr; SADEEQ, Mohammed and AHMED, Omar - Evolution of Mobile Wireless Communication to 5G Revolution - **TRKU Technology Reports of Kansai University**. Volume 62, Issue 05, June, 2020

SANTOS, Milton - O Território e o Saber Local: algumas categorias de análise. Cadernos IPPUR/UFRJ/Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional da UFRJ. Ano 1, n.1 – Rio de Janeiro: **UFRJ/IPPUR**, 1986

SCOTT, Kevin and SHAW, Greg. - O futuro da Inteligência Artificial: de ameaça a recurso. Tradução André Fontenelle. **Harper Collins**, Rio de Janeiro, Brasil. 2023

SCUR, Gabriela and BARBOSA, Mayara Emília - Green supply chain management practices: Multiple case studies in the Brazilian home appliance industry. *Journal of Cleaner Production*, v. 141, pg. 1293-1302, **Elsevier**. 2017.

SEBoK - Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK), version 2.9 - SEBoK Editorial Board. **Systems Engineering Research Center**. 2023

SHAHAT, Ehab; HYUN, Chang T.; YEOM, Chunho. City digital twin potentials: A review and research agenda. **Sustainability**, v. 13, n. 6, p. 3386, 2021.

SHAPIRO, Linda G. and STOCKMAN, George C. - Computer Vision, New Jersey, **Prentice-Hall**, ISBN 0-13-030796-3. 2001

SHAREEF, R. – Want better business theories? Maybe Karl Popper has the answer. **Academy of Management Learning and Education**, v.6, n.2, 2007

SHORE, Arnold and CARFORA, John - The Art of Funding and Implementation Ideas: a guide to proposal development and project management. **SAGE**, Los Angeles. 2010

SILVA, Adan John Gomes da Silva - Incomensurabilidade e Racionalidade em Thomas Kuhn. **Revista Saberes**, v.1, n.8. Natal, 2013

SIMON, Herbert A. – The Science of Artificial. **MIT Press**, London. 1997.

SIPRI - SIPRI Yearbook 2023: Armaments, Disarmament and International Security. **Oxford University Press**. Stockholm International Peace Research Institute. 2023.

SOKOLOWSKI, John A. and BANKS, Catherine M. - Principles of Modeling and Simulation: A Multidisciplinary Approach. **The Virginia Modeling, Analysis and Simulation Center**. Old Dominion University, Norfolk. 2009

SONG, Wenyan - Customization-Oriented Design of Product-Service System. **Springer Nature** Singapore Pte Ltd. 2019

SPENCE, Robert - Information Visualization: An Introduction. Third Edition. **Springer International Publishing**, 2014

STALLMAN, Richard - Você disse "Propriedade Intelectual"? É uma miragem sedutora. **GNU - Free Software Foundation**. 2004. Acesso em www.gnu.org/philosophy/not-ipr.pt-br.html, em 25 de novembro de 2021

STEIN, Ernildo - Introdução ao pensamento de Martin Heidegger. Coleção Filosofia - 152. **EdiPUCRS**. 2002

STEVENSON, Tony - Netweaving alternative futures: Information technocracy or communicative community? *Futures Magazine*, Vol. 30, No. 2/3, Pergamon - **Elsevier Science Ltd**. 1998

TE KULVE, Haico and SMIT, Wim - Civilian–military co-operation strategies in developing new technologies. **Elsevier, Research Policy** 32. 2003)

TEDESCHI, Arturo - AAD: Algorithms-Aided Design. Parametric Strategies Using Grasshopper. **Le Penseur Publisher**. Potenza. 2014.

TEGMARK, Max. *Life 3.0: Being human in the age of artificial intelligence*. **Vintage**, 2018.

TERDIZIS, Kostas - Algorithmic architecture. **Elsevier - Architectural Press**, Routledge. Oxford. 2006

TESLA - Site Tesla Investor Relations: **Site** - Acesso em 29 de fevereiro de 2024 - <https://ir.tesla.com/#quarterly-disclosure>

TURCHI, Lenita Maria - Financiamento da pesquisa nas universidades norte-americanas. *Revista Radar* n.36 - **Repositório do Conhecimento do IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**. 2014. Acessado em 23 de fevereiro de 2022 em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/3316>

UNDP - United Nations Development Programme - Human Development Report 2023-24: Breaking the gridlock: Reimagining cooperation in a polarized world. **UNDP Press** - New York. 2024

USHER, Abbott - *A History of Mechanical Inventions - Revisited Edition*. Harvard University Press, Cambridge, MA. 2011

VAISHNAVI, V. K., & KUECHLER, W. - Design science research methods and patterns: innovating information and communication technology. **Crc Press**. 2015

VAN AMSTEL, Frederick – Introdução ao Metadesign – aula - Design de Serviços e Design de Experiências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Acesso em 27 de maio de 2022.

- VANTYGHM, Gieljam, OOMS, Ticho and DE CORTE, Wouter - VoxelPrint: A Grasshopper plug-in for voxel-based numerical simulation of concrete printing. **Automation in Construction** **122**. Elsevier. 2021
- VASCONCELLOS, Maria José Esteves de – Pensamento sistêmico: o novo paradigma da ciência. 11ª edição, **Papirus Editora**, Campinas SP - 2018
- VASSÃO, Caio Adorno – Inovação, Metadesign e Complexidade (curso online): **Movements**, São Paulo. 2020. Acessado de 02 a 07 de novembro de 2020.
- VASSÃO, Caio Adorno – Metadesign: ferramentas, estratégias e ética para a complexidade. Coleção Pensando o Design, **Blucher**, São Paulo. 2010
- VEDRAL, Vlatko and PLENIO, Martin - Basics of quantum computation - **Pergamon - Progress in Quantum Electronics** **22** (1998) 1. 39. Elsevier Science Ltd. 1998
- VINGE, Vernor - The Coming Technological Singularity (1993)
- VERYKOKOU, Styliani and IOANNIDIS, Charalabos - An Overview on Image-Based and Scanner-Based 3D Modeling Technologies (review). *Sensors* **23**. **MDPI**. DOI 10.3390/s23020596. Switzerland. 2023
- VOEHL, Frank, HARRINGTON, H., FERNANDEZ, Rick and TRUSKO, Brett - The Framework for Innovation: An Entrepreneur's Guide to the Body of Innovation Knowledge. **Taylor & Francis Group. CRC Press**. New York. 2019
- VON NEUMANN, John; KURZWEIL, Ray. The computer and the brain. **Yale University Press**, 2012.
- WALDMAN Ricardo, ZAMBRANO, Virgínia e RONHA, Amanda Nunes - Erosão do Ciberespaço e da Cibercultura na Privacidade à Luz das Teorias de Pierre Lévy e Manuel Castells. **Revista Direito** – v.17 n.1 – Mackenzie. 2022
- WANG, Guangbin and SONG, Jiule - The relation of perceived benefits and organizational supports to user satisfaction with building information model (BIM). *ScienceDirect - Computers in Human Behavior*. Volume 68, 2017
- WASSIM, Jabi - Parametric Design for Architecture. **Laurence King Publishing Ltd**. London. 2013
- WEF - World Economic Forum - Building a Culture of Cyber Resilience in Manufacturing. **WEC**. 2024
- WEF - World Economic Forum - Realizing the Potential of Global Digital Jobs. **WEC**. 2024
- WEF - World Economic Forum - The Global Cooperation Barometer 2024. **WEC**. 2024
- WEISER, M.; GOLD, R.; BROWN, J. S. - The origins of ubiquitous computing research at PARC in the late 1980s. , *38*(4), 693–696. doi:10.1147/sj.384.0693. 1999
- WHITE, David, ALHASAN, Ahmad and VENNAPUSA, Pavana - Proceedings of the 2015 Conference on Autonomous and Robotic Construction of Infrastructure - **Iowa State University of Science and Technology**. 2015

WIERINGA, R. - Design science as nested problem solving, Proceedings of the 4th int. conf. on design science research in information systems and technology. **ACM**, 2009.

WOLFRAM, Stephen – A New Kind of Science – **Wolfram Media, Inc.** Champaign USA, 2002

WUESTMAN, Mignon, HOEKMAN, Jarno and FRENKEN, Koen - A typology of scientific breakthroughs. **Innovation Studies Group, Copernicus Institute of Sustainable Development**, Princetonla 8a, 3584 CB, Utrecht University, The Netherlands, 2020

YANG, Xiaoyu, MOORE, Philip, PU, Jun-Sheng and WONG, Chi-Biu - A practical methodology for realizing product service systems for consumer products. *Computers & Industrial Engineering* 56, pg. 224–235 - **Elsevier**. 2009

YAO, Yifan, DUAN, Jinhao, XU, Kaidi, CAI, Yuanfang, SUN, Zhibo and ZHANG, Yue - A Survey on Large Language Model (LLM): Security and Privacy. The Good, The Bad and The Ugly. *High-Confidence Computing* Vol. 4. **Science Direct - Elsevier**. 2024

YUDKOWSKY, Eliezer: *Rationality: AI, Ethics, and the Good Life* (2017)

YAMPOLSKIY, Roman V. *Uncontrollability of AI*. 2020

ZANDHUIS, Anton and STELLINGWERF, Rommert - *ISO 21500: Guidance on project management. A Pocket Guide. Best Practice Serie.* **Van Haren Publishing**. Zaltbonmel. 2013